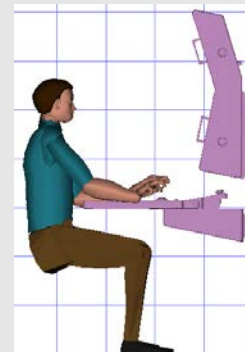


# 차기 대포병 탐지레이더 Console의 인간공학적 설계 및 평가



2013. 11. 15

---

# AGENDA

---

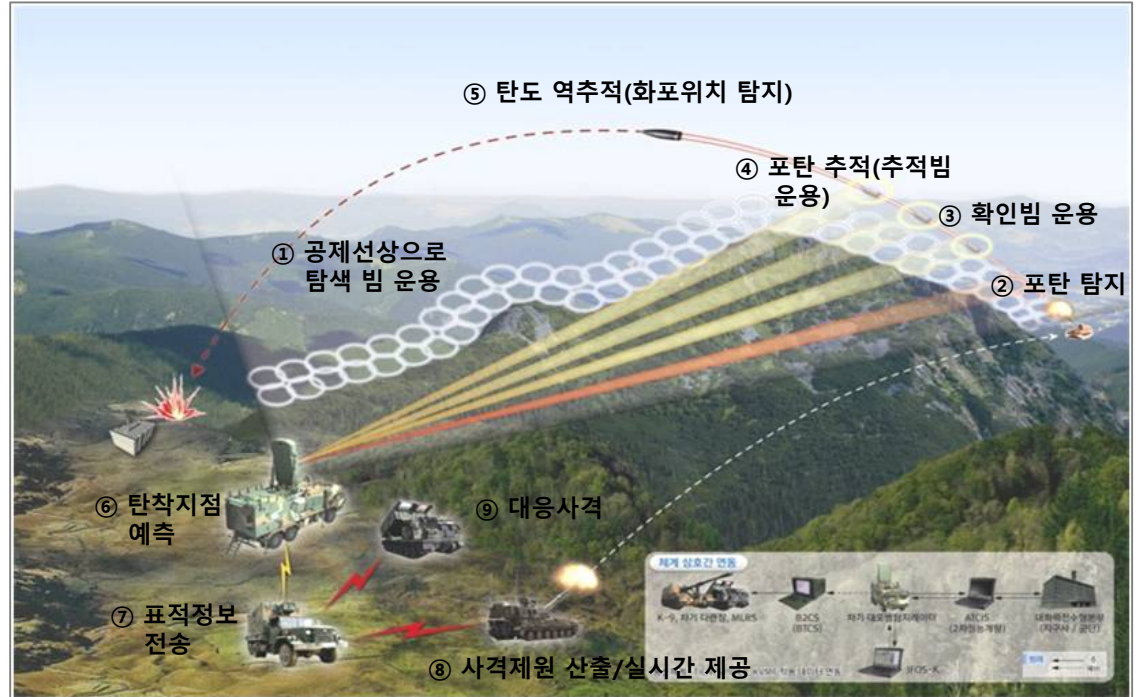
- **Introduction**
    - ✓ Background
    - ✓ Objective of the Study
  - **Approach**
  - **Evaluation & Design**
    - ✓ Table & Monitors
    - ✓ Keyboard & Trackball
    - ✓ Screen Glare
  - **Recommendation**
  - **Discussion**
-

# 차기 대포병 탐지레이더

- 연평도 포격 및 천안함 피격사건 등으로 인해 **적의 도발을 조기에 탐지**하는 것이 중요해지고 있음
- 적 포탄의 탐지를 위하여 2011년 부터 **차기 대포병 탐지레이더가 개발**되고 있음



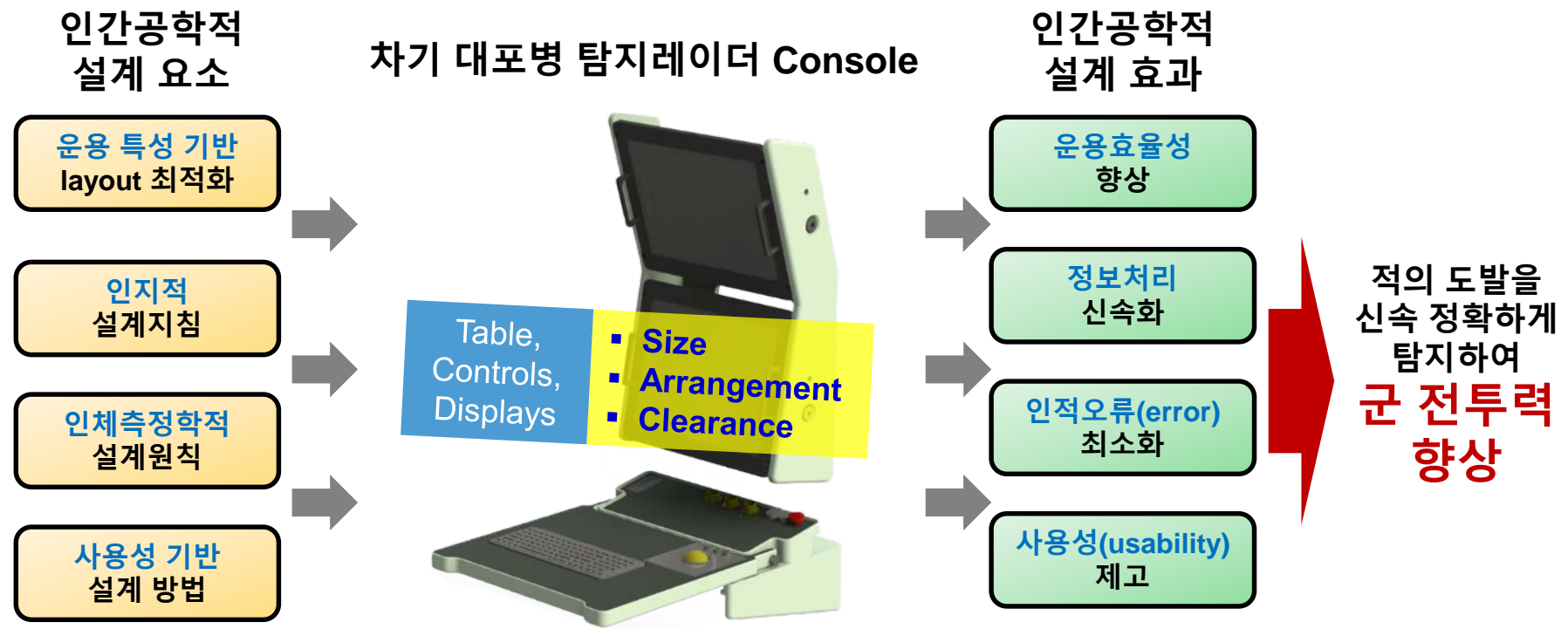
차기 대포병 탐지레이더



차기 대포병 탐지레이더 운용개념도

# 인간공학적 Console 설계의 필요성

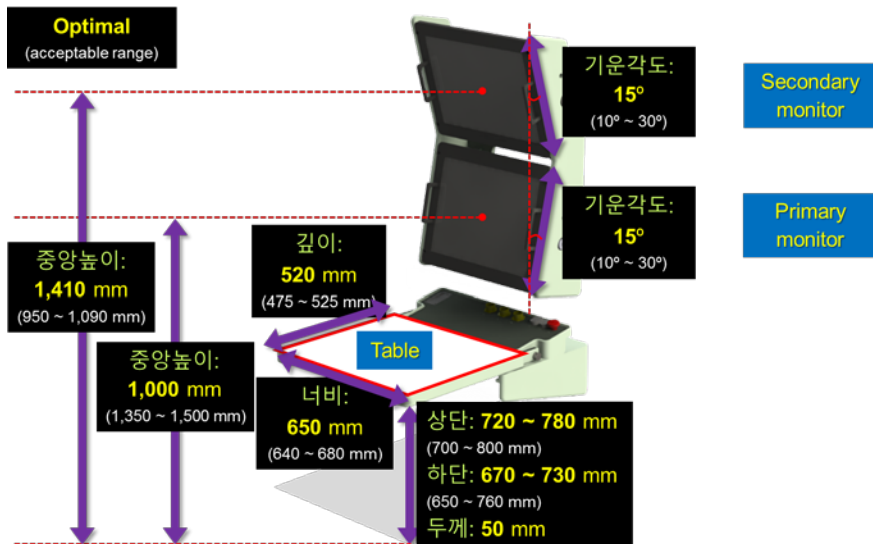
- 차기 대포병 탐지레이더를 이용하여 적의 도발을 신속하고 정확하게 파악하기 위해서는 차기 대포병 탐지레이더 console의 인간공학적 설계 및 평가 필요



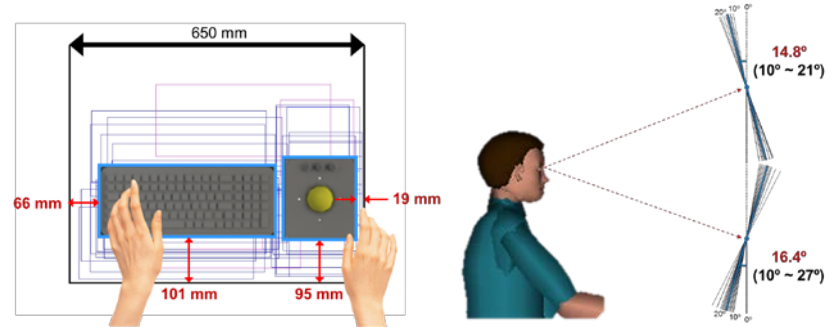
# 연구 목적

## 차기 대포병 탐지레이더 운용공간 Console의 인간공학적 평가 및 설계

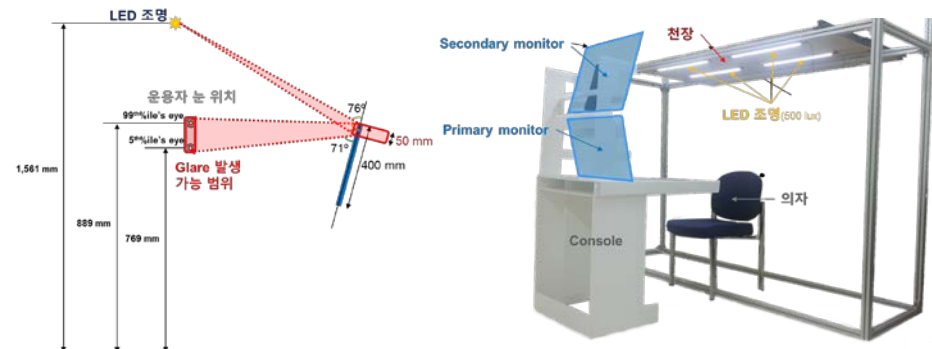
### 1. Console의 table 및 monitor 치수 설계



### 2. Keyboard/trackball의 선호 위치 및 monitor 선호 각도 분석

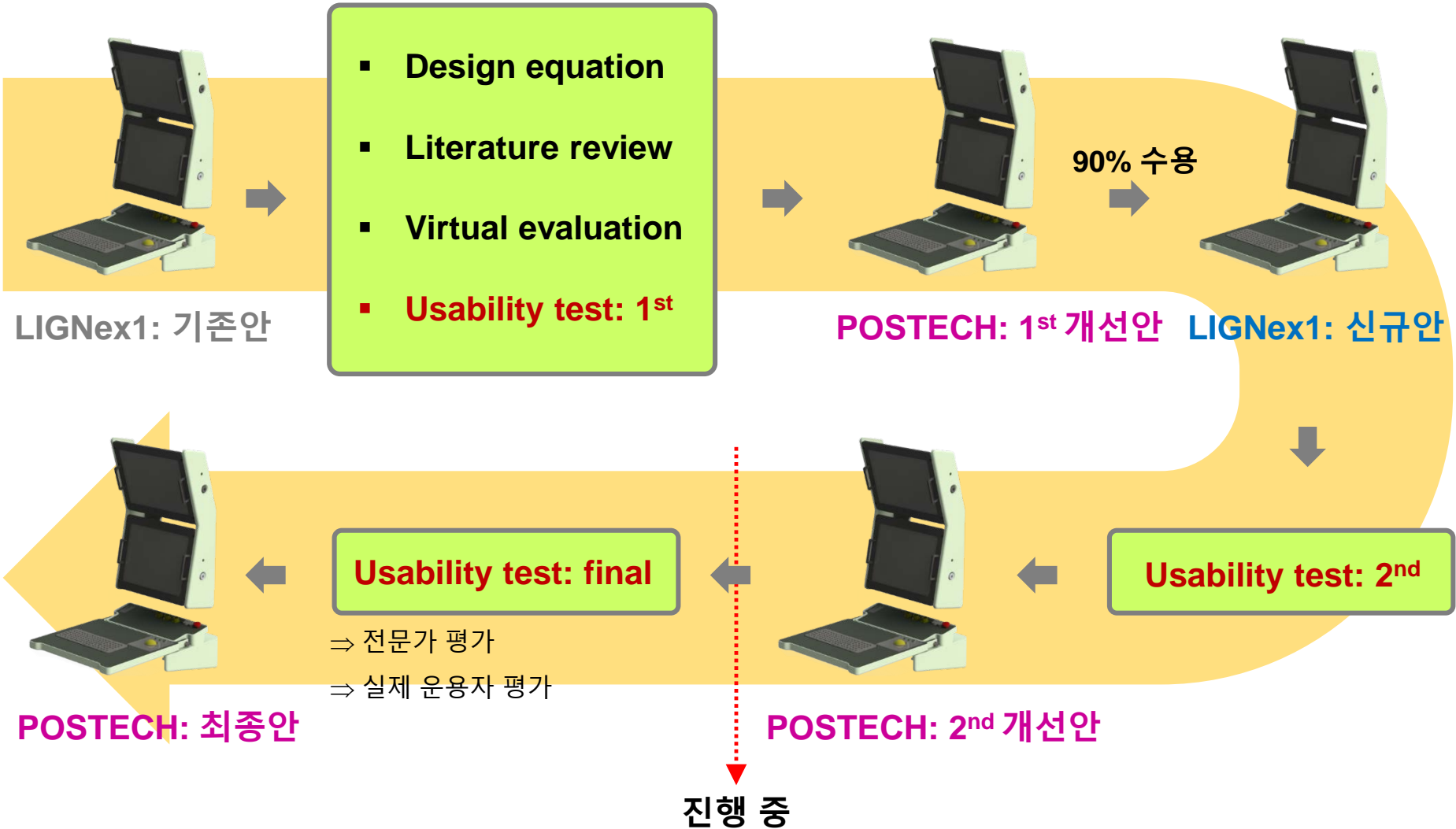


### 3. Monitor screen의 glare 평가

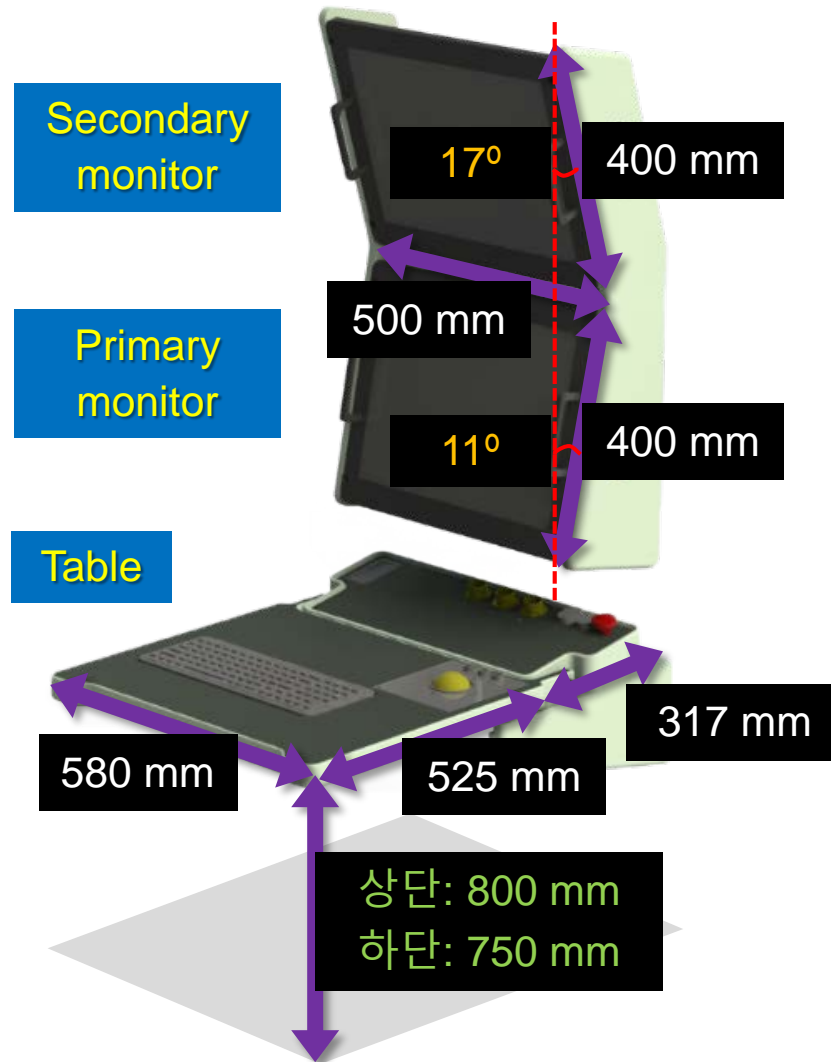




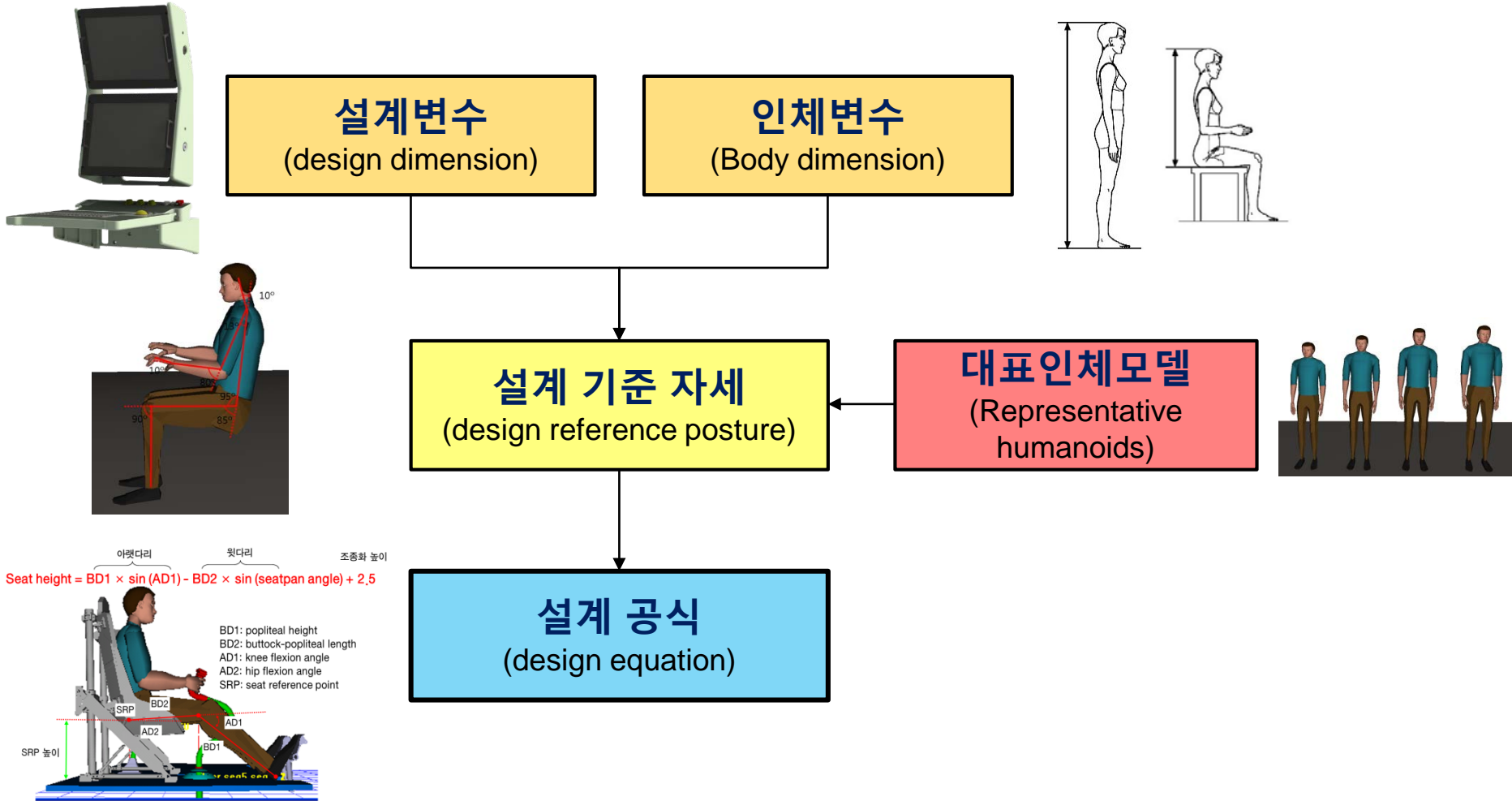
# 연구 절차



# 평가 대상: 기존 Console



# 기존 Console 평가: Design Equation - 설계 절차

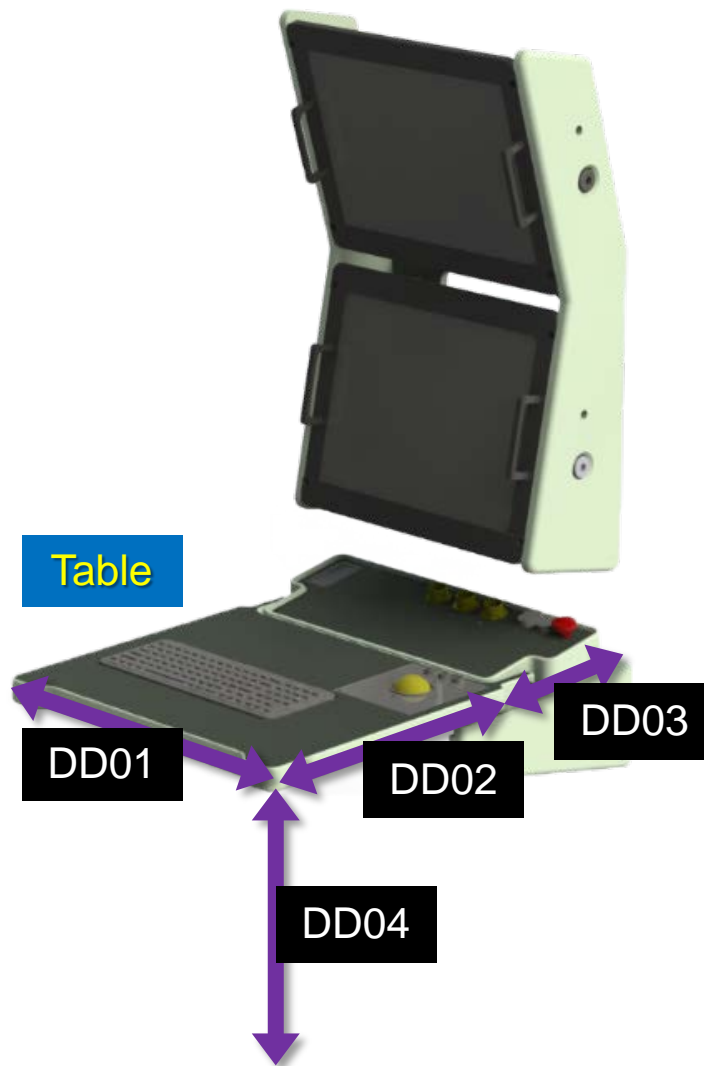




# 기존 Console 평가: Design Equation - 설계 변수

- Table 관련 4가지 설계 변수 선정

Design dimension (DD)	Code
Width	DD01
Front-depth	DD02
Rear-depth	DD03
Height	DD04



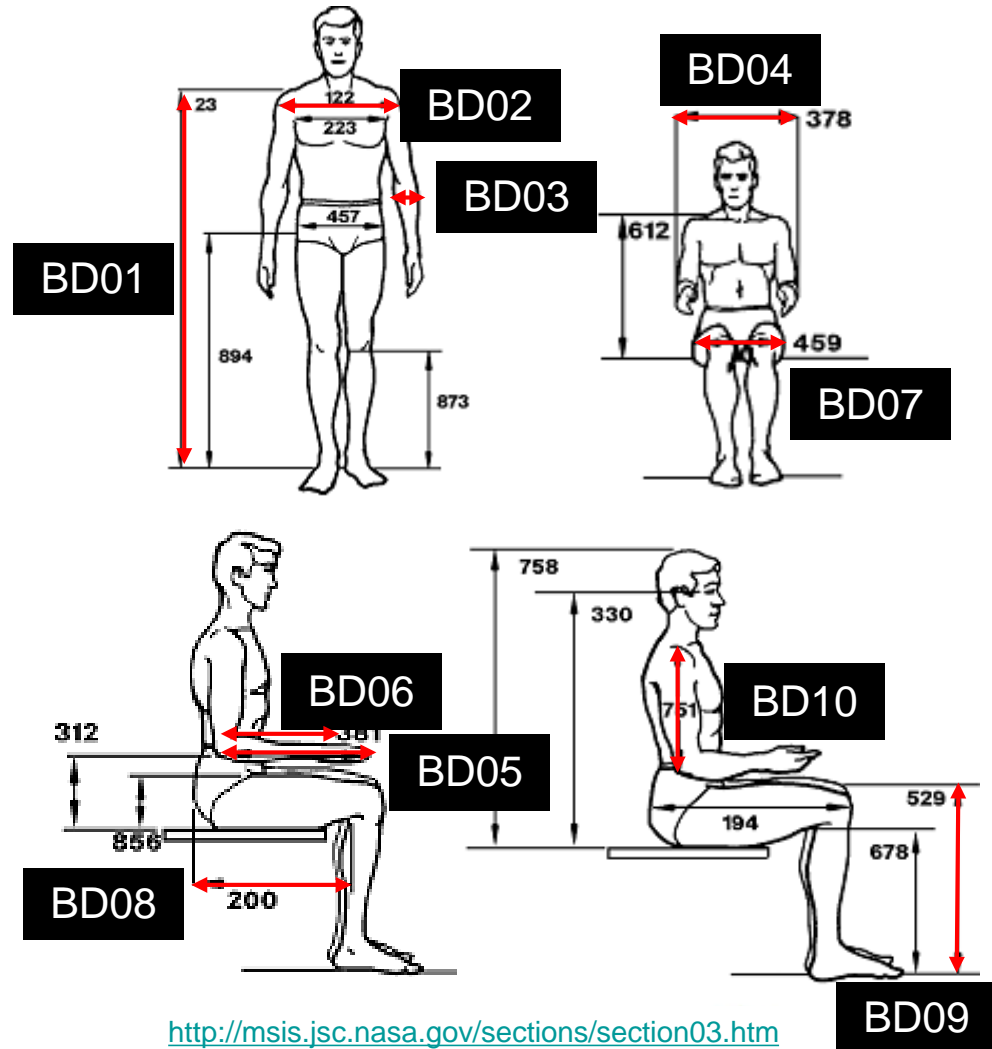
※ 단위: mm

# 기존 Console 평가: Design Equation - 인체 변수

□ Console 및 의자 설계와 연관된 10가지 인체변수 선정

NASA dimension no.	Body dimensions (BD)	Code
23	Acromial height	BD01
122	Bideltoid breadth	BD02
-	Forearm breadth*	BD03
378	Forearm-to-forearm breadth	BD04
381	Forearm hand length	BD05
-	Elbow-wrist length* = forearm hand length - hand length	BD06
459	Hip breadth, sitting	BD07
200	Buttock-popliteal length	BD08
529	Knee height, sitting	BD09
751	Upperarm length	BD10

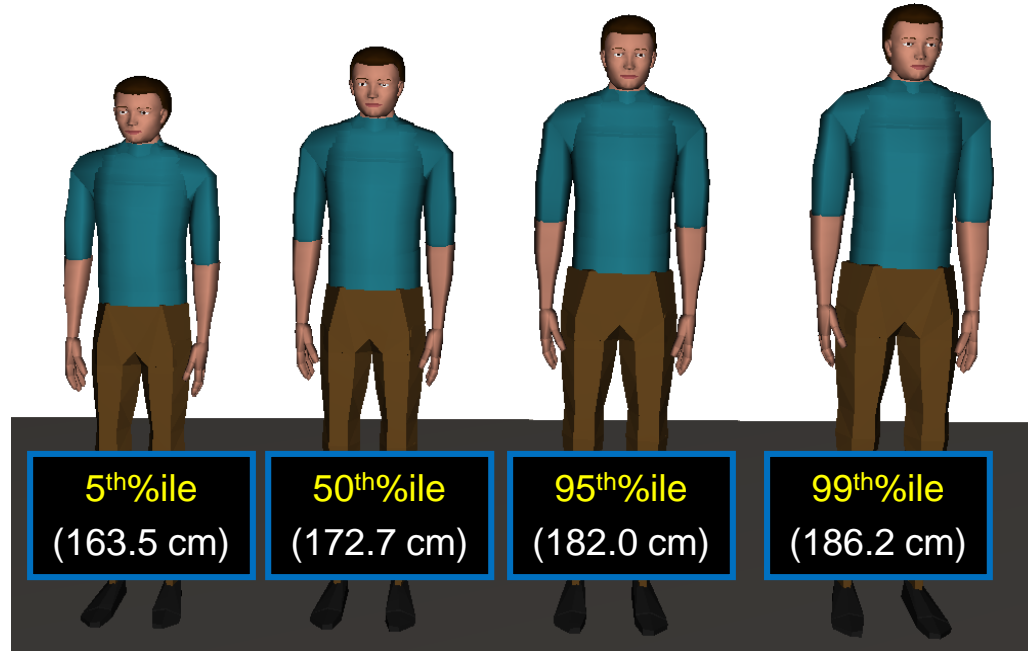
\* 유관 인체변수로 부터 계산



<http://msis.jsc.nasa.gov/sections/section03.htm>

# 기존 Console 평가: Design Equation - 대표인체모델(1/2)

- ❑ 설계대상인구: 한국인 20대 ~ 30대 남성(운용자 인구학적 특성 고려)
- ❑ 인체측정자료: Size Korea (2010)
- ❑ 대표인체모델 생성 방법
  - ✓ 현재 운용자: 5<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup>, 95<sup>th</sup> percentiles
  - ✓ 미래 운용자: 20년 후의 95<sup>th</sup> percentile (= 99<sup>th</sup> percentile)



# 기존 Console 평가: Design Equation - 대표인체모델(2/2)

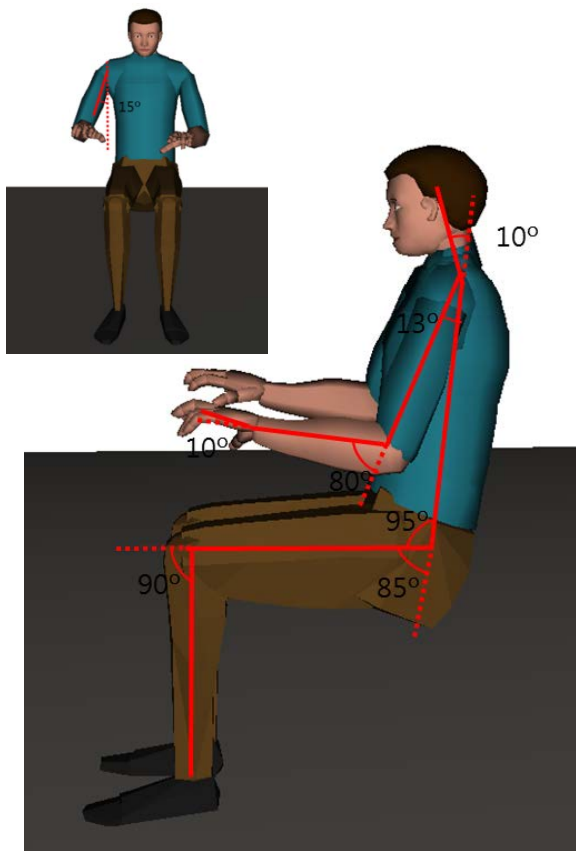
## □ 대표인체모델 생성을 위한 17개 인체변수 크기

(unit: mm)

No.	Body dimension	5 <sup>th</sup> oile	50 <sup>th</sup> oile	95 <sup>th</sup> oile	99 <sup>th</sup> oile
1	<b>Stature</b>	<b>1634.5</b>	<b>1727.0</b>	<b>1820.0</b>	<b>1861.5</b>
2	Abdominal depth	169.5	206.5	260.0	288.5
3	Acromion height	1313.5	1394.5	1478.5	1513.0
4	Arm length	540.5	584.5	629	653.5
5	Biacromial breadth	364.5	397.5	429.5	446.0
6	Bideltoid breadth	434.5	469.5	515.0	533.0
7	Buttock-knee	537.0	577.5	619.5	639.5
8	Elbow rest height	222.5	262.5	303.5	321.0
9	Hand breadth	75.5	82.5	89.5	92.5
10	Hand length	171.5	184.5	197.5	203.0
11	Hip breadth	301.5	326.5	357.0	369.0
12	Shoulder-elbow	308.5	335.5	362.5	378.0
13	Sitting acromial	559.5	602.5	646.5	665.0
14	Sitting eye	768.5	817.5	869.0	888.5
15	Sitting height	881.0	930.5	983.5	1004.0
16	Sit knee height	483.5	519.5	558.0	575.0
17	Thigh clearance	134.5	156.5	181.5	192.5

# 기존 Console 평가: Design Equation - 설계기준자세

- Computer workstation 사용 자세에 대한 기존 문헌(12 종)을 참고하여 설계기준자세(design reference posture) 설정



Body part	Motion	Posture recommendation (°)	References	Recommended posture range (°)	Determined posture (°)
Neck*	Flexion (+)/extension(-)	34 ~ 65	Grandjean et al. (1983)	24.5 ~ 65	35
		24.5 ~ 65	Kim et al. (1991)		
Shoulder	Flexion (+)/extension(-)	0 ~ 25	Chaffin and Andersson (1984)	0 ~ 25	13
		0	ANSI/HFES (2007)		
		13	Geandjean (1987)		
	Abduction(+)/adduction(-)	23	Salvendy (1987)		
		0 ~ 25	Chaffin and Andersson (1984)		
8 ~ 23	Salvendy (1987)				
Elbow	Flexion (+)/extension(-)	70 ~ 135	Cushman (1984); Grandjean et al. (1983); Miller and Suther (1981); Weber et al. (1984)	70 ~ 135	80
		90	ANSI/HFES (2007)		
		99	Salvendy (1987)		
		75 ~ 125	Grandjean et al. (1983)		
Wrist	Flexion (+)/extension(-)	-10 ~ 30	Hedge el al. (1995); Keir et al. (1995); Rempel and Horie (1994); Weiss et al. (1995)	-10 ~ 30	10
		≥ 90	Chaffin and Andersson (1984)		
Trunk**	Flexion (+)/extension(-)	104	Geandjean (1987)	90 ~ 110	95
		100 ~ 110	Salvendy (1987)		
		90	ANSI/HFES (2007)		
		90	ANSI/HFES (2007)		
Hip**	Flexion (+)/extension(-)	0	ANSI/HFES (2007)	0	0
Knee**	Flexion (+)/extension(-)	90	ANSI/HFES (2007)	90	90

\* Angle between vertical line from cervical and line linking cervical and tragon

\*\* Angle between transverse plane and corresponding body part

# 기존 Console 평가: Design Equation - 설계공식

- 기존 유사 연구(Jung et al., 2007; ANSI/HFES, 2007)를 참고하여 설계변수와 인체변수간의 기하학적 연관관계를 고려하여 설계공식 개발

Classification	Design dimension (DD)	Code	Design equation
Table	Width	DD01	bideltoid breadth of 99 <sup>th</sup> ile + upperarm length of 99 <sup>th</sup> ile × sin(13) <sup>o</sup> + 32* = 533 + 85 + 32* = 650
	Front-depth	DD02	forearm hand length of 50 <sup>th</sup> ile + upperarm length of 50 <sup>th</sup> ile × sin(13) <sup>o</sup> = 450 + 75 = 525
	Height	DD04	popliteal height of 99 <sup>th</sup> ile + tight clearance, sitting of 99 <sup>th</sup> ile + 25*(heel) + 23* = 460 + 192 + 25* + 23* = 700

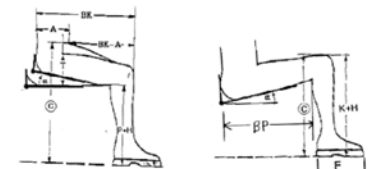


Figure A.1. Clearance dimensions. A = abdominal extension depth; H = head height; F = foot length; a = seat pan angle; K = seat pan height; BK = seat pan depth; BK-A = forearm length; BK = forearm length; P = popliteal height; T = thigh clearance; aBAG = clearance.

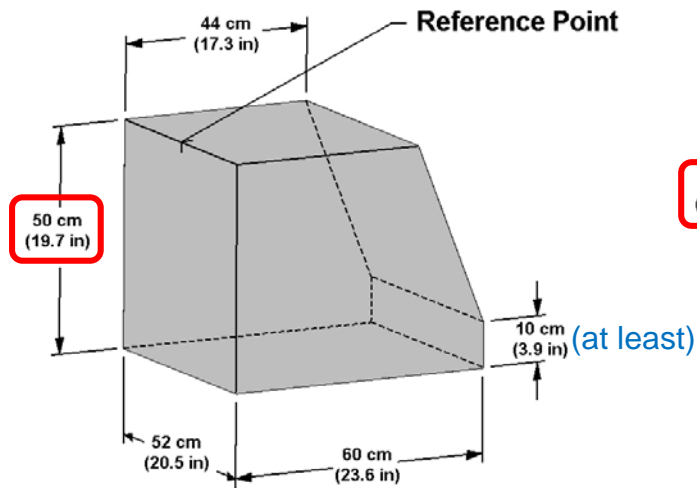
\* Allowance

※ 단위: mm

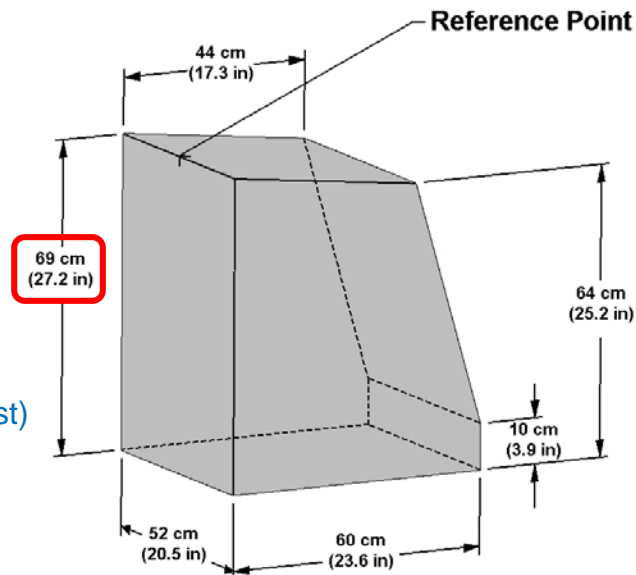


# 기존 Console 평가: Literature Review - ANSI/HFES(1/2)

- Clearances 설계 지침(ANSI/HFES 100, 2007)

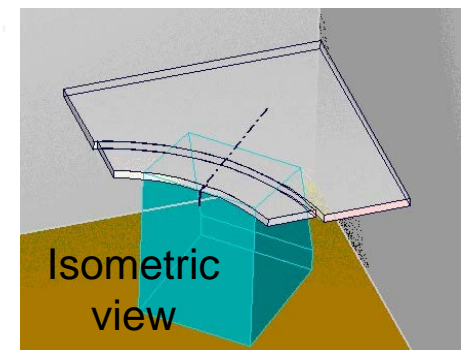
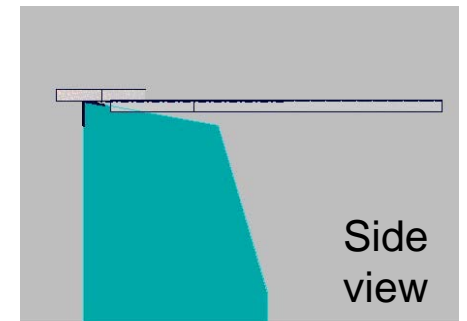
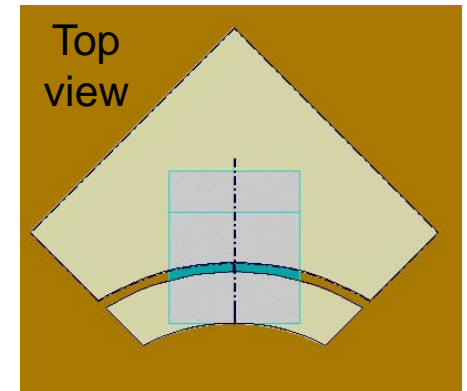


Minimum



Maximum

   : adjustable



# 기존 Console 평가: Literature Review - ANSI/HFES(2/2)

## ❑ Monitor support surface 설계 지침(ANSI/HFES 100, 2007)

- ✓ Specify the size and weight of monitor that can be accommodated by the support surface because monitor support surfaces may not be compatible with certain-sized monitors

Shall ✓ Specify the range of adjustment if the support surface is adjustable

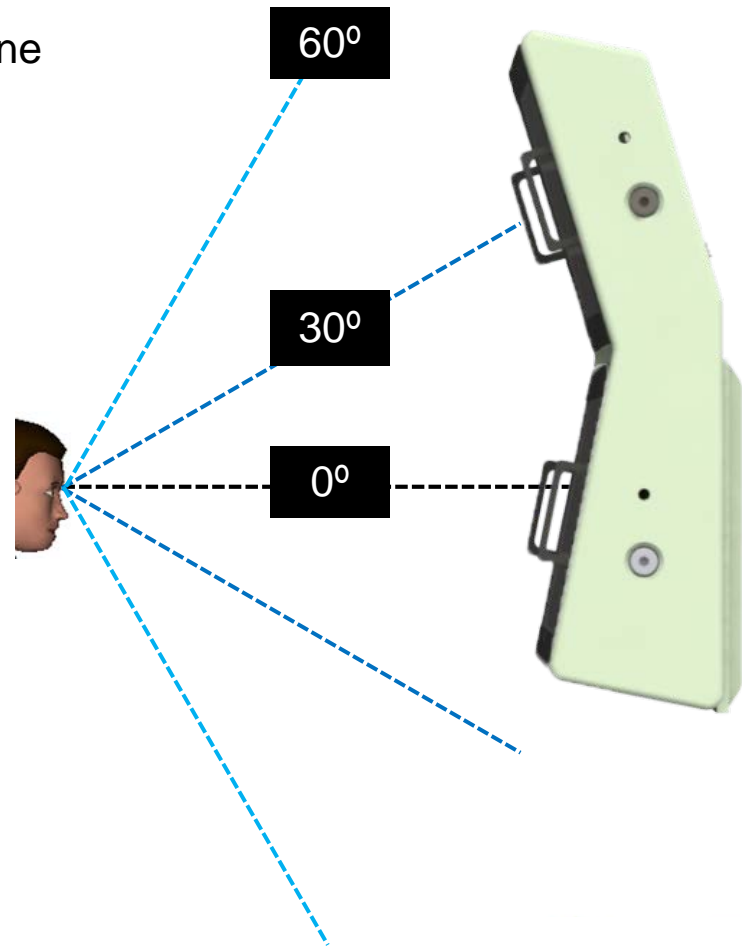
---

Should ✓ Be designed so as to allow placement of the viewing area of the screen at a **minimum viewing distance of 50 cm (19.7 in.)**

- ✓ Be designed so as to allow placement of the monitor's viewing area below the user's horizontal eye height
- ✓ Be stable during use
- ✓ Not interfere with the user's ability to adjust the height, tilt, and rotation of the monitor

# 기존 Console 평가: Literature Review - Humanscale

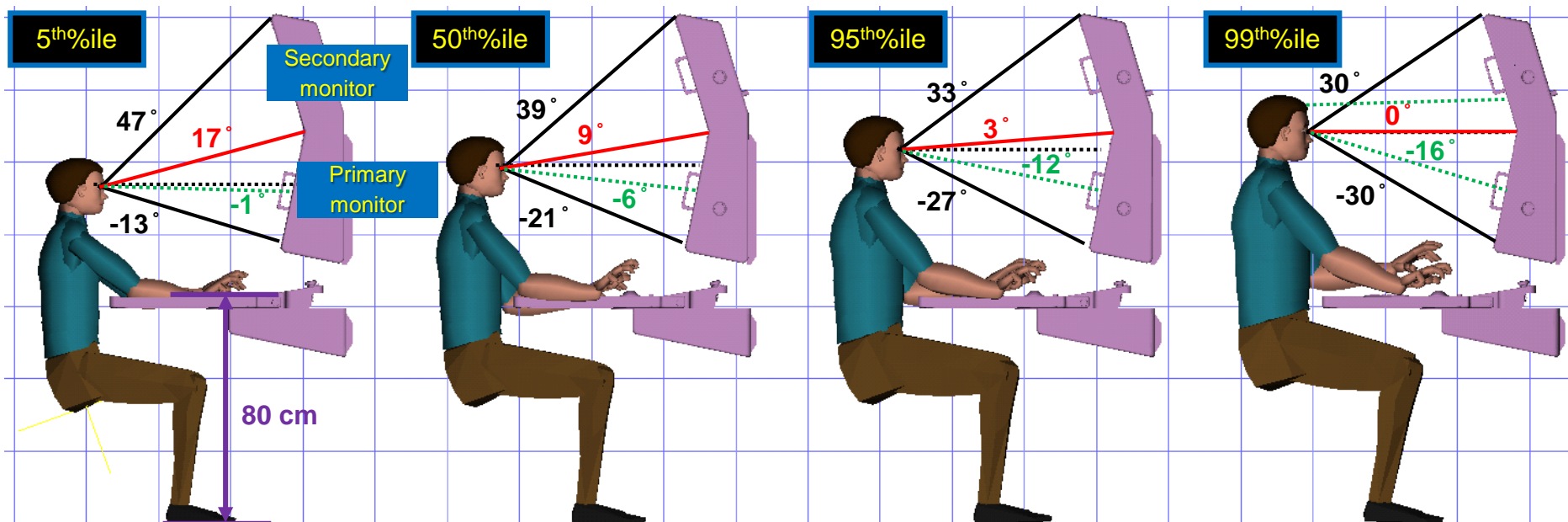
- Humanscale(1981)의 visual displays 설계 관련 지침
  - ✓ Important display location: within 30 cone
  - ✓ Cautionary display location: within 60 cone



⇒ 두 개의 display 높이를 낮추게 되면  
모두 important display location의 30  
cone 이내로 설계할 수 있을 것으로  
추정됨

# 기존 Console 평가: Virtual Evaluation - 시계성

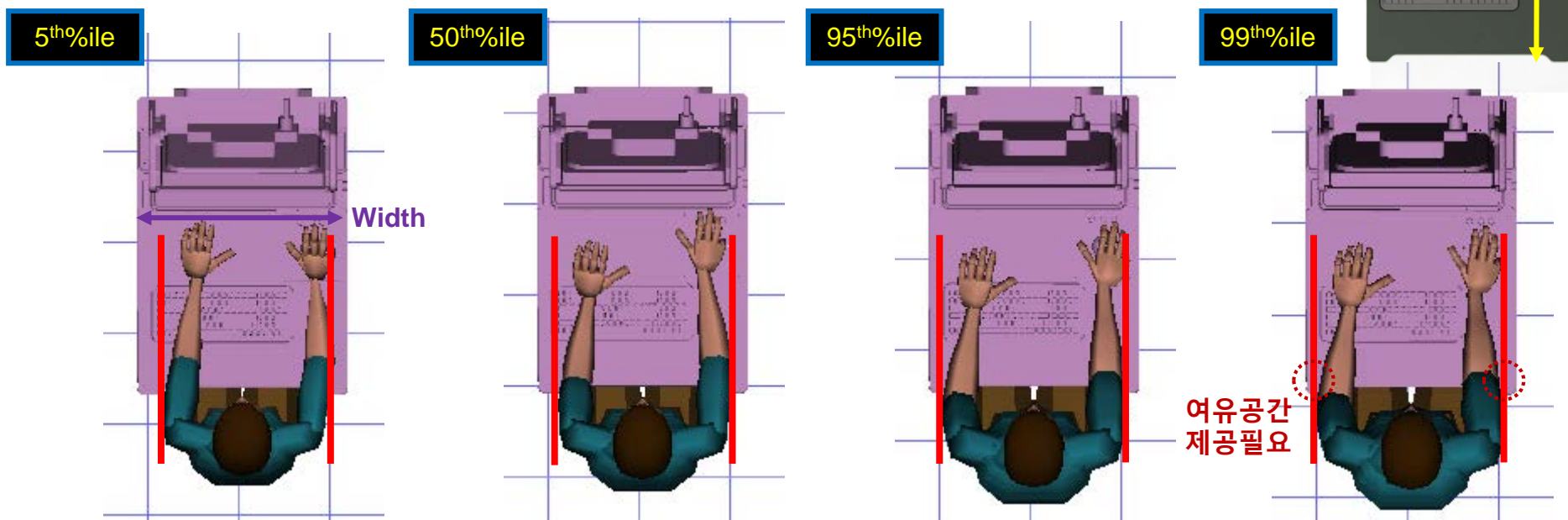
- ❑ Secondary monitor 상단 수직 시야각 범위:  $30^\circ \sim 47^\circ$
- ❑ Primary monitor와 secondary monitor 경계 수직 시야각 범위:  $0^\circ \sim 17^\circ$
- ❑ Primary monitor 하단 수직 시야각 범위:  $-13^\circ \sim -30^\circ$
- ❑ Primary monitor 중앙 수직 시야각 범위:  $-1^\circ \sim -16^\circ$



⇒ Primary monitor 중앙에 대한 50th%ile의 수직 시야각이  $-15^\circ$  (ANSI/HFES100, 2007)가 되기 위해서는 monitor의 높이를 7 cm 낮추면 되는 것으로 분석됨

# 기존 Console 평가: Virtual Evaluation - 도달성

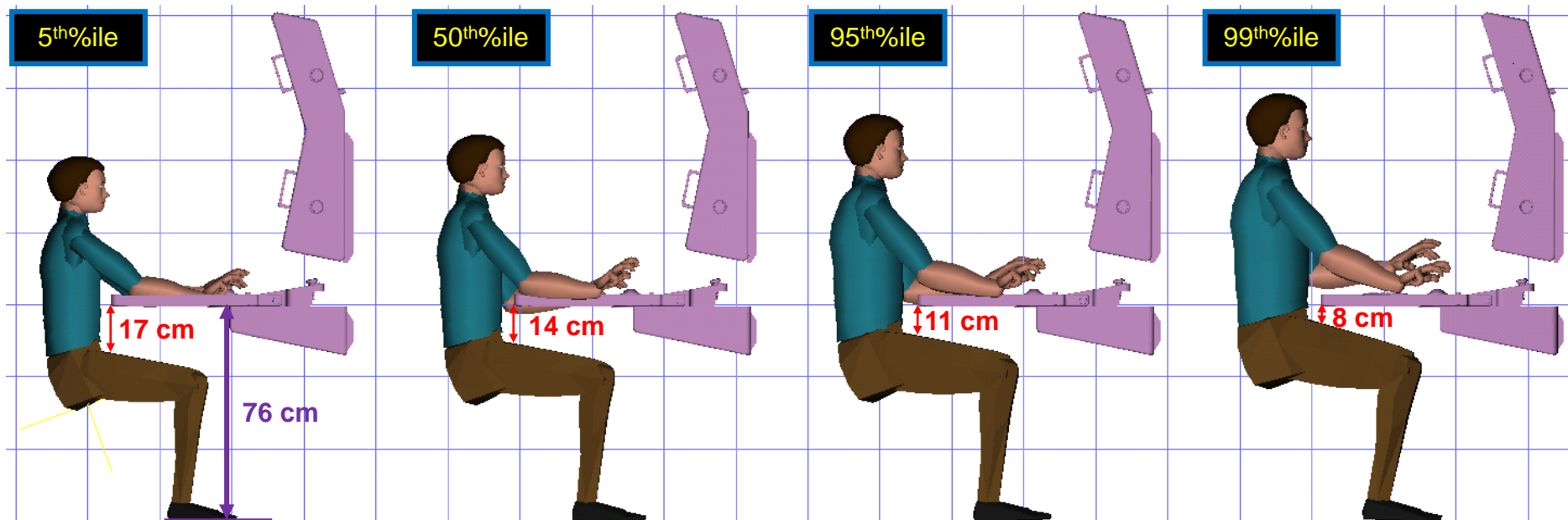
- 모든 대표인체모델은 keyboard 대하여 충분히 도달 가능함
- 모든 대표인체모델은 trackball에 대하여 도달이 가능하나 팔을 뻗어야 하므로 불편할 수 있음(MIL-STD-1472G가 제안하는 최대 거리 = 25 cm)



⇒ Console table의 width는 99<sup>th</sup>ile의 어깨너비보다 넓은 것으로 나타났으나, 운용공간이 충분할 경우 width를 5 cm 정도 넓히는 것이 제안됨

# 기존 Console 평가: Virtual Evaluation - 여유공간

- 99<sup>th</sup>ile에게도 최소 8 cm의 여유공간을 제공하는 것으로 나타나, 모든 대표인체모델에 대하여 충분한 여유공간이 제공됨

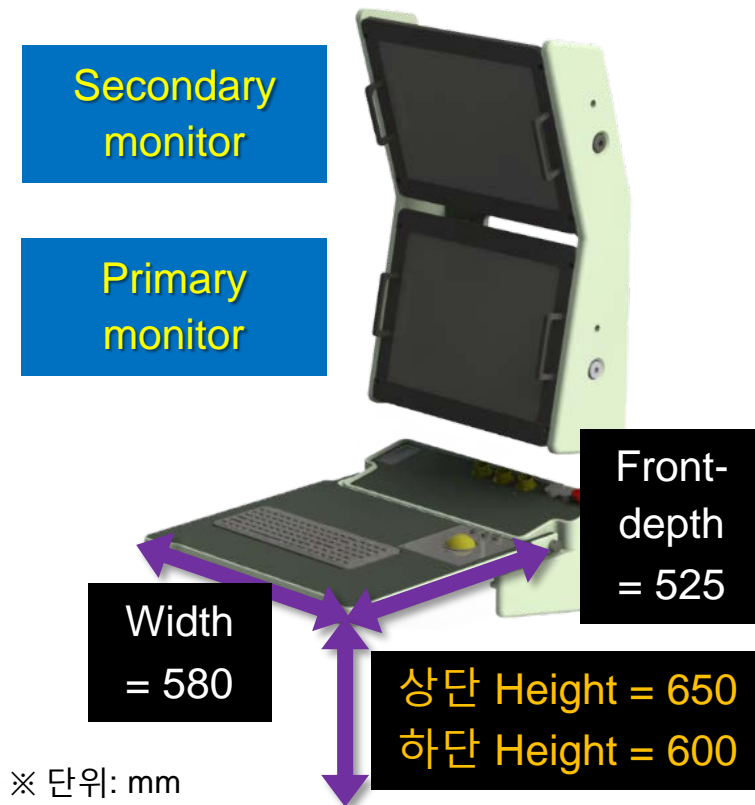


⇒ 무릎 전방과 발 부위의 여유공간 파악을 위해서는 빈 공간인지 확인 필요



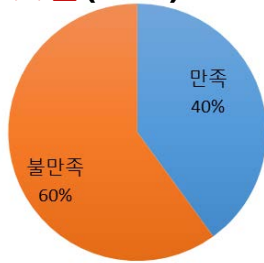
# 기존 Console 평가: 1<sup>st</sup> Usability Test - 방법

- 실험참여자: 20 ~ 30대 남성 10명 (연령:  $29.7 \pm 2.8$ 세; 신장:  $173.0 \pm 6.3$  cm)
- 평가방법: console 설계 초안의 5가지 부위에 대해 만족 또는 불만족으로 평가 (불만족일 경우 개선대안을 물어봄)

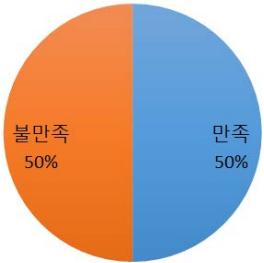


# 기존 Console 평가: 1<sup>st</sup> Usability Test - 결과

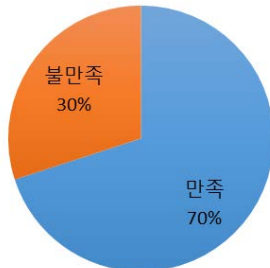
- 5 ~ 10 cm 낮춤(40%)
- 10 ~ 20 cm 낮춤(20%)



- 10 cm 낮춤(40%)
- 20 cm 낮춤(10%)

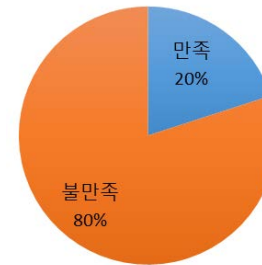


- 10 cm 넓게(20%)
- 20 cm 넓게(10%)

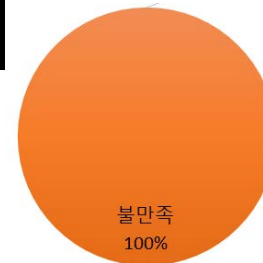


Secondary monitor

Primary monitor



- 5 ~ 10 cm 줄임(60%)
- 20 cm 줄임(20%)

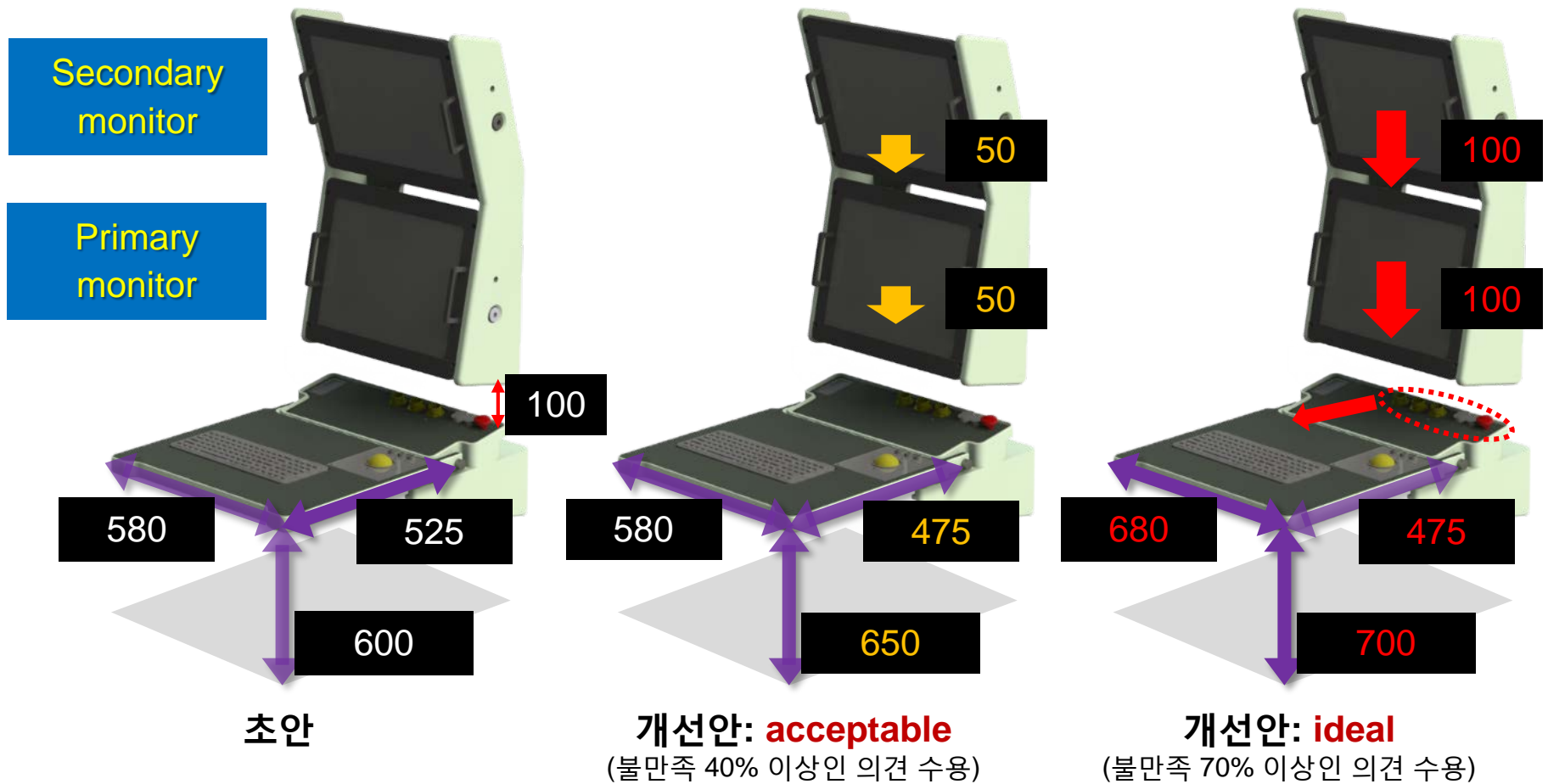


- 10 cm 높임(60%)
- 5 cm 높임(40%)



# 기존 Console 평가: 1<sup>st</sup> Usability Test - 개선안

※ 단위: mm



⇒ Display 높이를 낮추면 버튼들의 조작이 불편할 수 있어 **버튼들의 위치를 keyboard 방향으로 조정하는 것이 권장됨**

# 기존 Console 평가: Summary - Design Recommendation

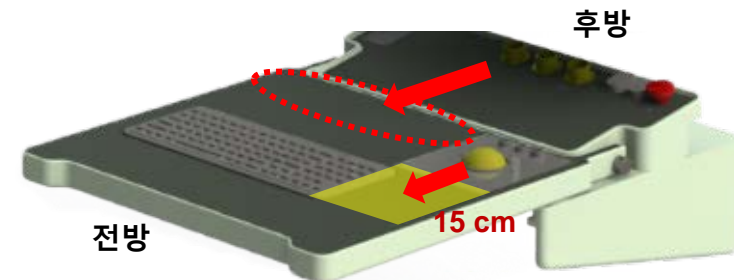
Classification	Design dimension	Current dimension	Evaluation & Analysis					Recommendation	
			Design equation	Usability test	Virtual evaluation	ANSI/HFES 100(2007)	Humanscale 4/5/6(1981)	Ideal	Acceptable/Adjustable range
Table	Width (mm)	580	650	680	640	> 520	-	650	640 ~ 680
	Front-depth (mm)	515	525	475	515	> 440	-	500	475 ~ 525
	Height: 상단 (mm)	800	700	750	800	-	-	750	700 ~ 800
	Height: 하단 (mm)	760	700	700	760	500 ~ 690	-	700	650 ~ 760
Primary monitor	Central height (mm)	1,160	-	950	1,090	-	-	1,000	950 ~ 1,090
	Tilt angle (°)	11	-	-	1 ~ 16	15 ~ 20	< 30	15	0 ~ 20 (adjustable)
Secondary monitor	Central height (mm)	1,570	-	1,350	1,500	-	-	1,410	1,350 ~ 1,500
	Tilt angle (°)	-17	-	-	33 ~ 16	-	< 60	-15	15 ~ 35 (adjustable)

⇒ 사용빈도가 높은 trackball은 편의성 향상을 위하여

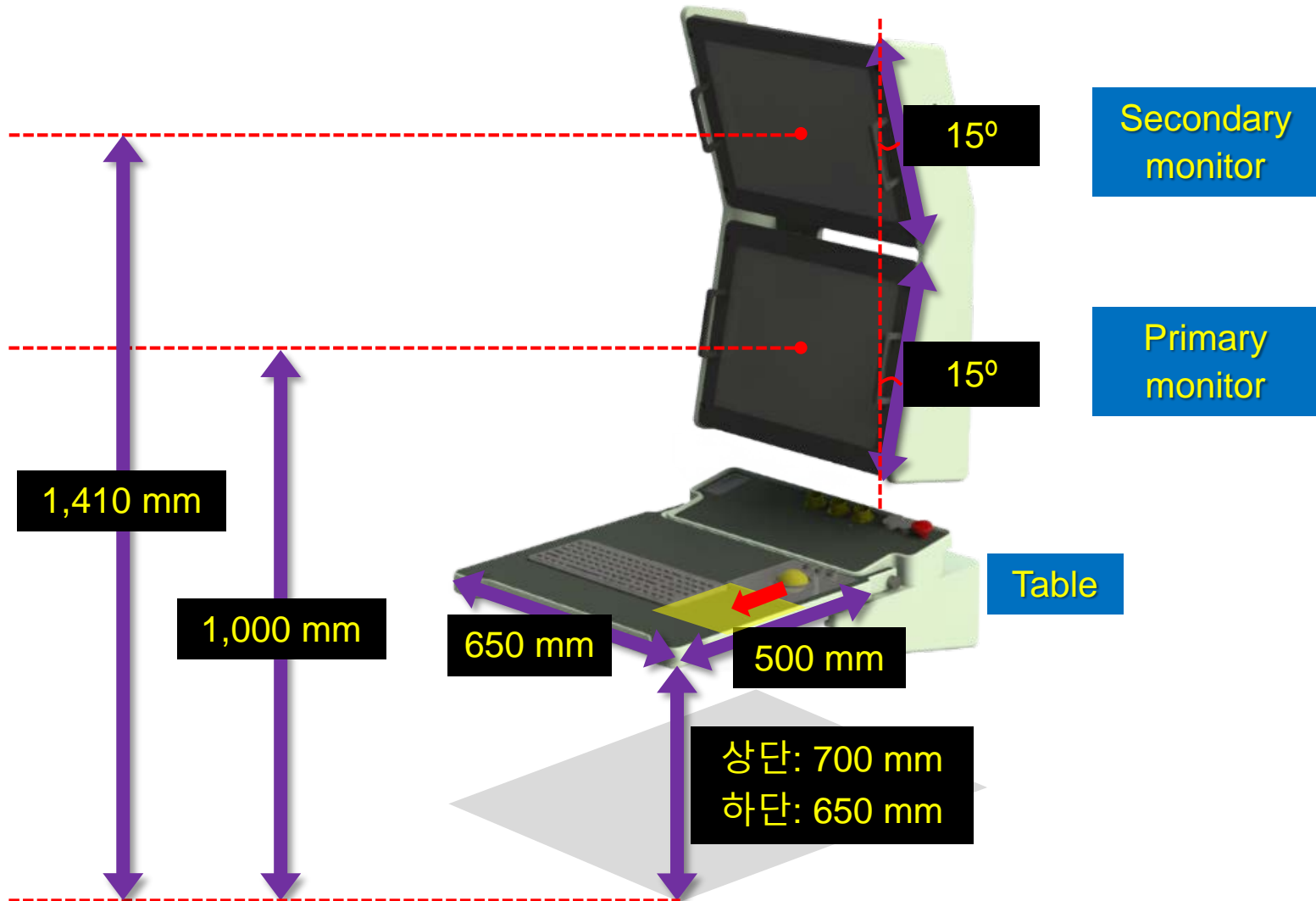
전방으로 15 cm 조정 (MIL-STD-1472G) 하는 것이 제안됨

⇒ 버튼들의 위치는 도달성 향상을 위하여 keyboard 후방에

배치하는 것이 권장됨

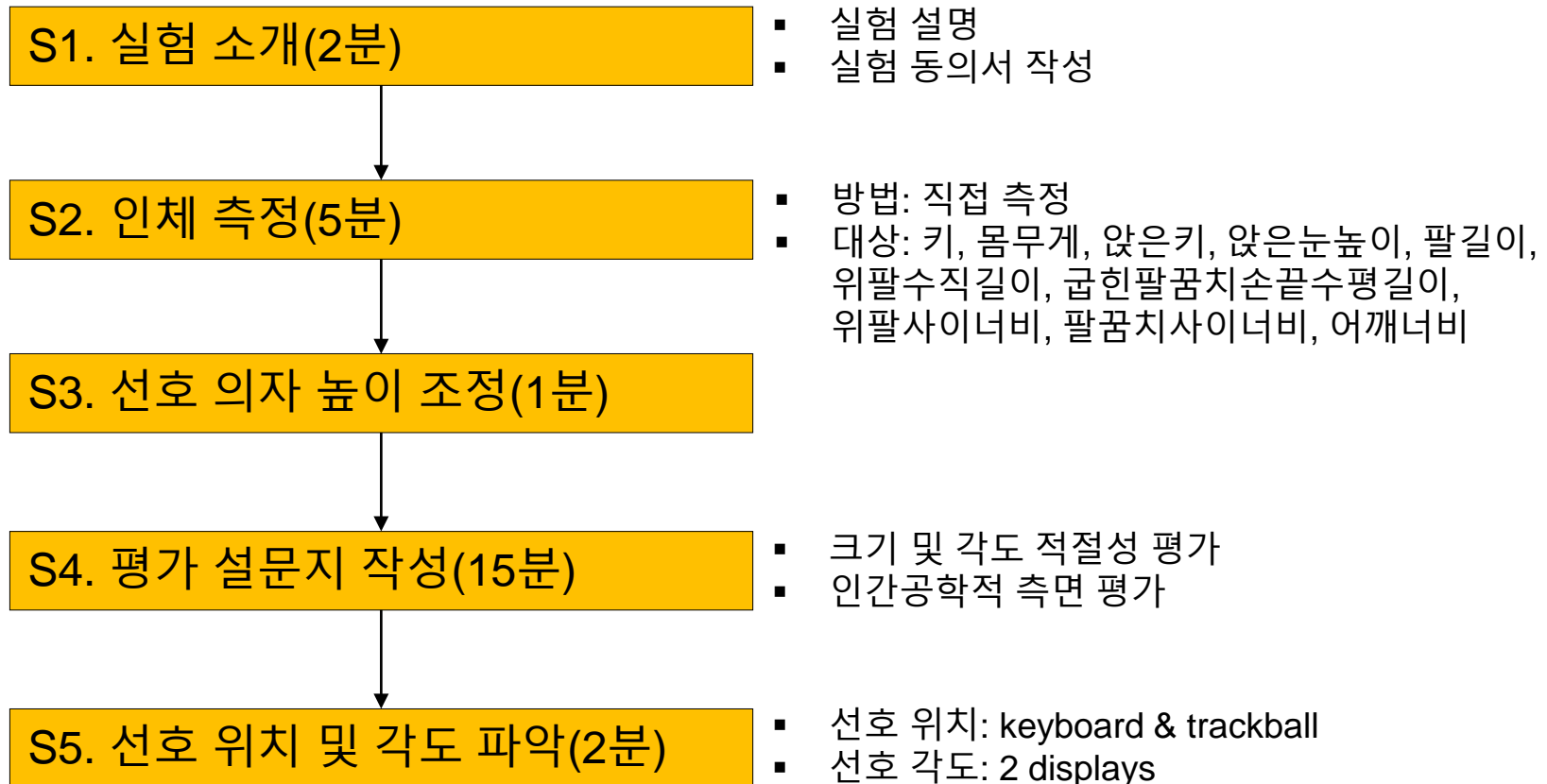


# POSTECH Console: 1<sup>st</sup> Design Recommendation



## 2<sup>nd</sup> Usability Test: 방법

- 실험목적: Console 크기 및 각도 적절성과 인간공학적 측면의 비교 평가
- 평가대상: LIGNex1 기존 vs. POSTECH 개선 vs. LIGNex1 신규



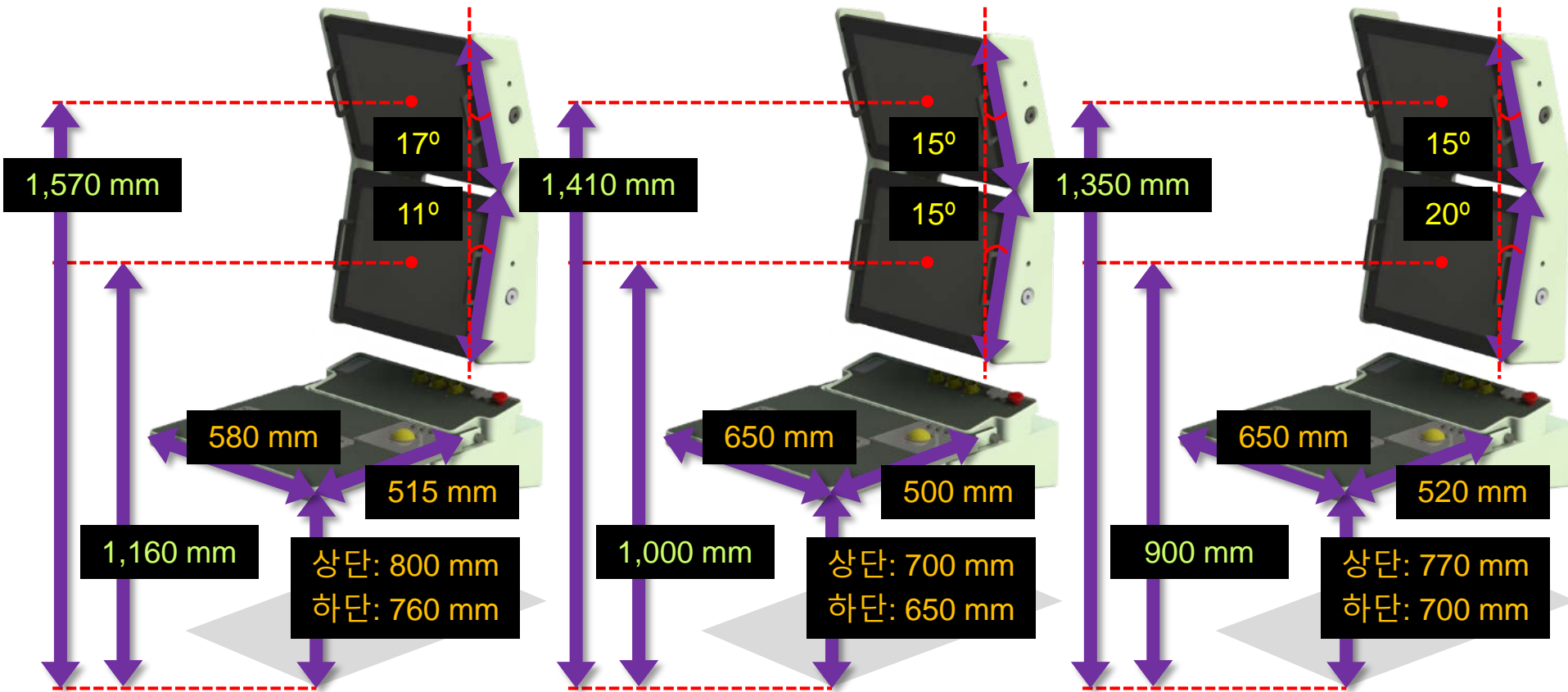


# 2<sup>nd</sup> Usability Test: 평가 대상

LIG Nex1 - 기존

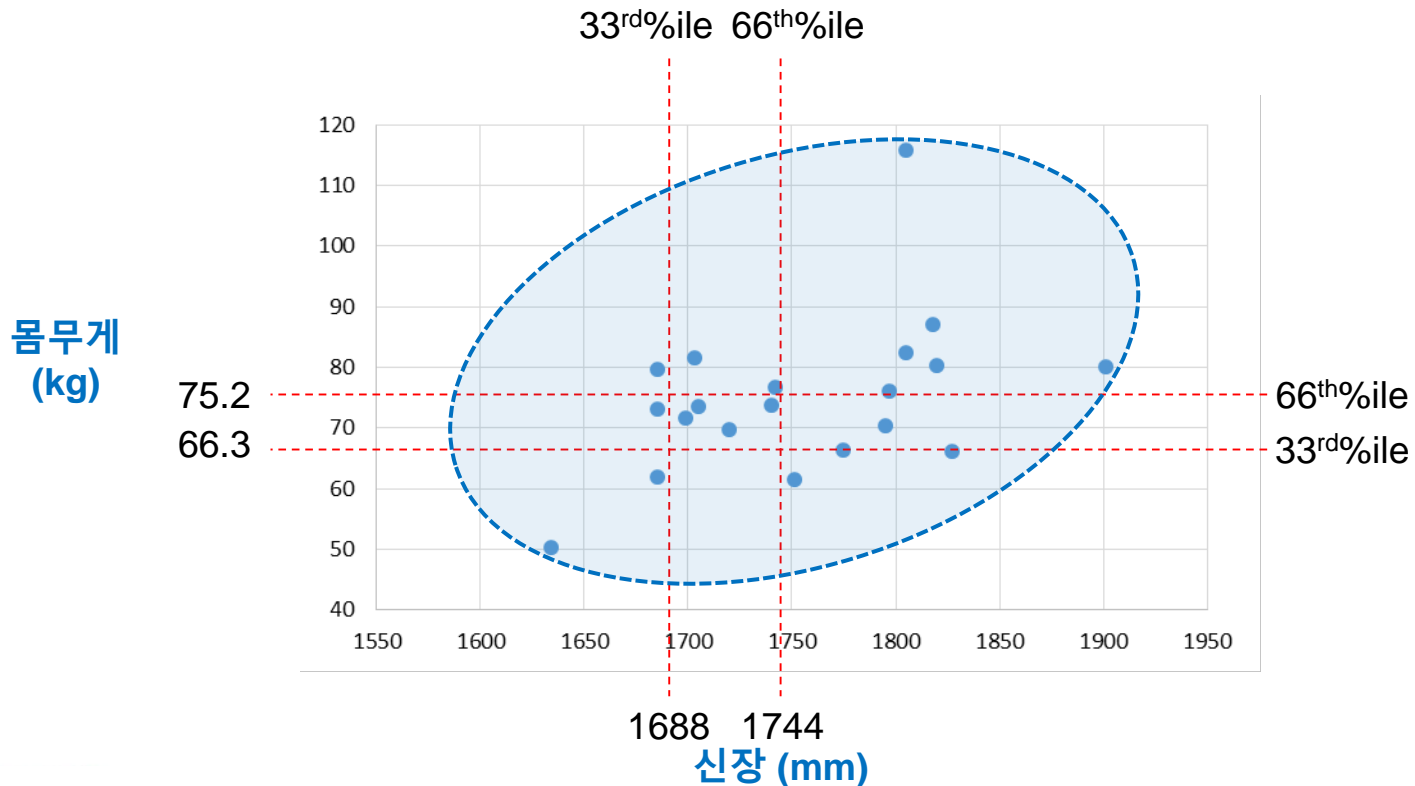
POSTECH

LIG Nex1 - 신규



## 2<sup>nd</sup> Usability Test: 실험참여자

- 모집인원: 20 ~ 30대 남성 20명
- 인체크기: 한국인의 신장과 몸무게를 대표할 수 있도록 33<sup>rd</sup>%ile과 66<sup>th</sup>%ile 기준으로 다양하게 모집됨 (Size Korea, 2010)

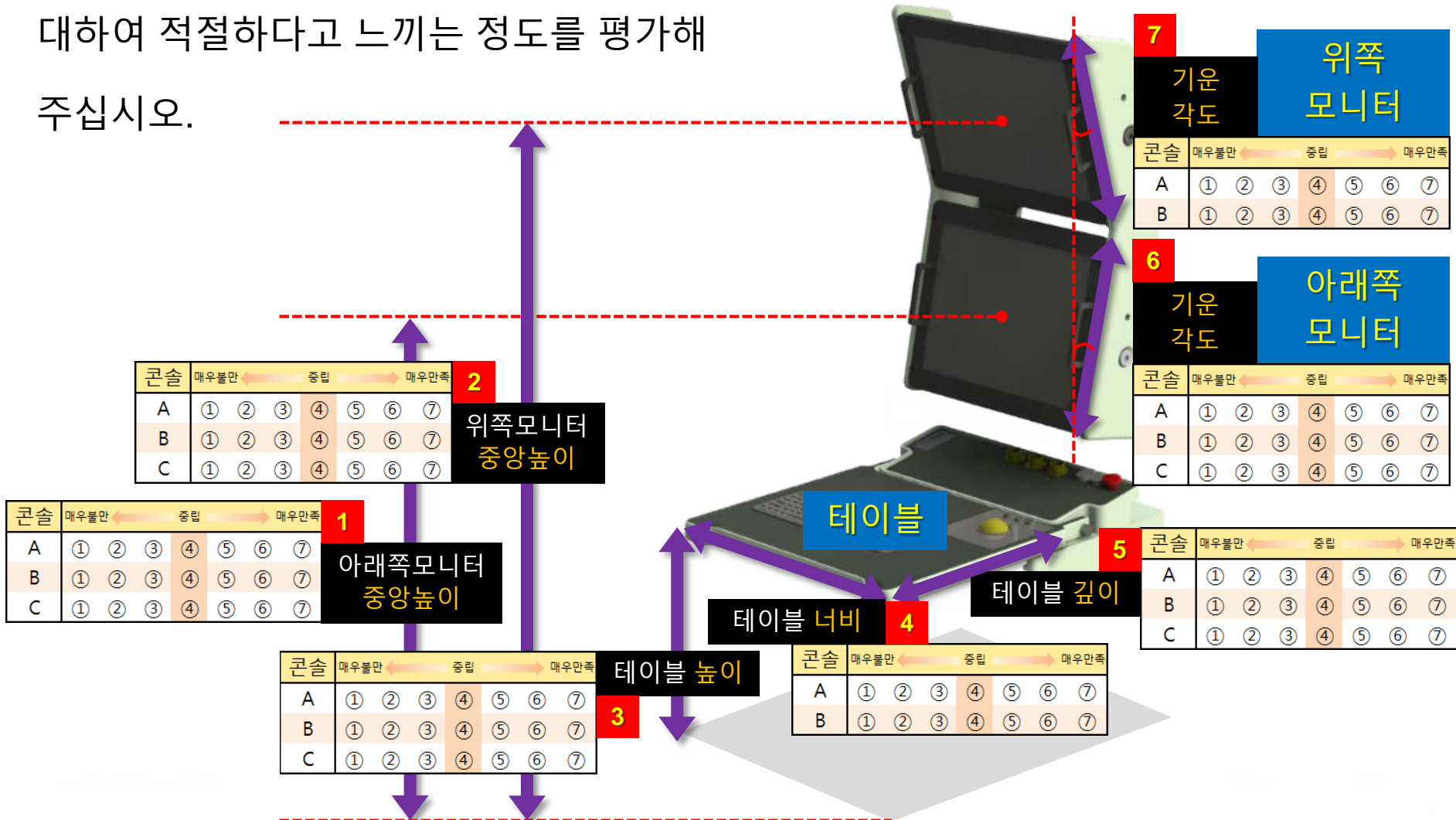


## 2<sup>nd</sup> Usability Test: 실험 환경



# 2<sup>nd</sup> Usability Test: 평가설문지(1/3) - 크기 및 각도 적절성 측면

콘솔 A, B, C를 대상으로 아래 7가지 항목에 대하여 적절하다고 느끼는 정도를 평가해 주십시오.



# 2nd Usability Test: 평가설문지(2/3) - 인간공학적 측면

콘솔 A, B, C를 대상으로 아래 8가지

인간공학적 척도에 대하여 평가해 주십시오.

평가 기준	설명
자세 안락도	감시 작업 수행 시 편안한 자세를 유지하는 정도
도달성	설계요소에 용이하게 도달할 수 있는 정도
시계성	설계요소를 편안하게 볼 수 있는 정도
여유공간	신체와 설계요소 간의 여유공간 정도

**도달성: 버튼 1**

콘솔	매우불만	중립	매우만족
A	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		
B	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		

**도달성: 키보드 2**

콘솔	매우불만	중립	매우만족
A	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		
B	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		

**도달성: 트랙볼 3**

콘솔	매우불만	중립	매우만족
A	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		
B	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		

**자세 안락도 4**

콘솔	매우불만	중립	매우만족
A	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		
B	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		
C	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		

**여유공간: 윗다리 6**

콘솔	매우불만	중립	매우만족
A	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		
B	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		
C	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		

**여유공간: 아랫다리 5**

콘솔	매우불만	중립	매우만족
A	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		
B	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		
C	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		

**시계성: 위쪽 모니터 8**

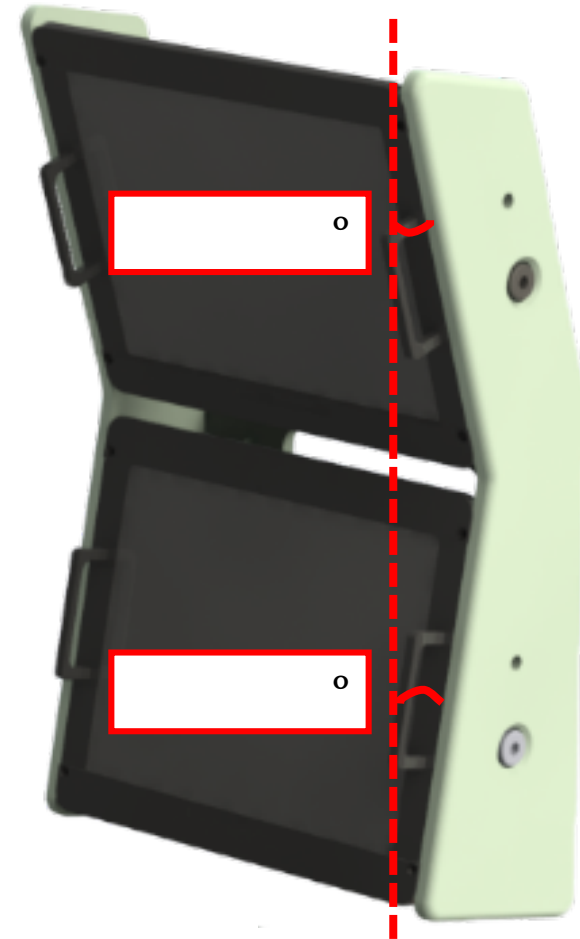
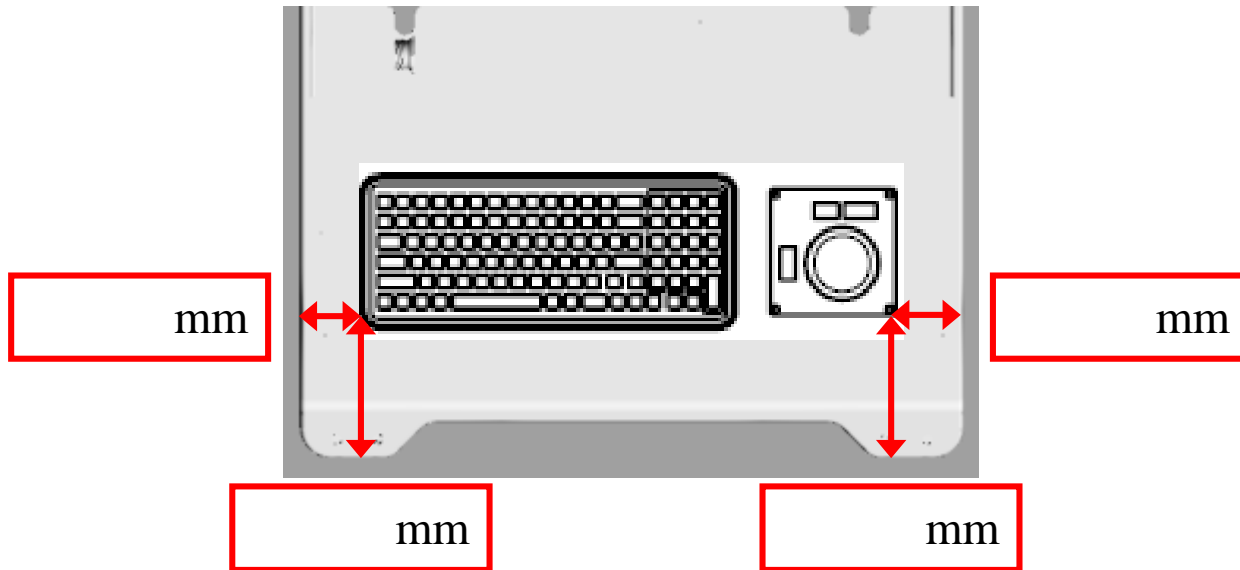
콘솔	매우불만	중립	매우만족
A	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		
B	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		

**시계성: 아래쪽 모니터 7**

콘솔	매우불만	중립	매우만족
A	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		
B	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		
C	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦		



## 2<sup>nd</sup> Usability Test: 평가설문지(3/3) - 선호 위치 및 각도

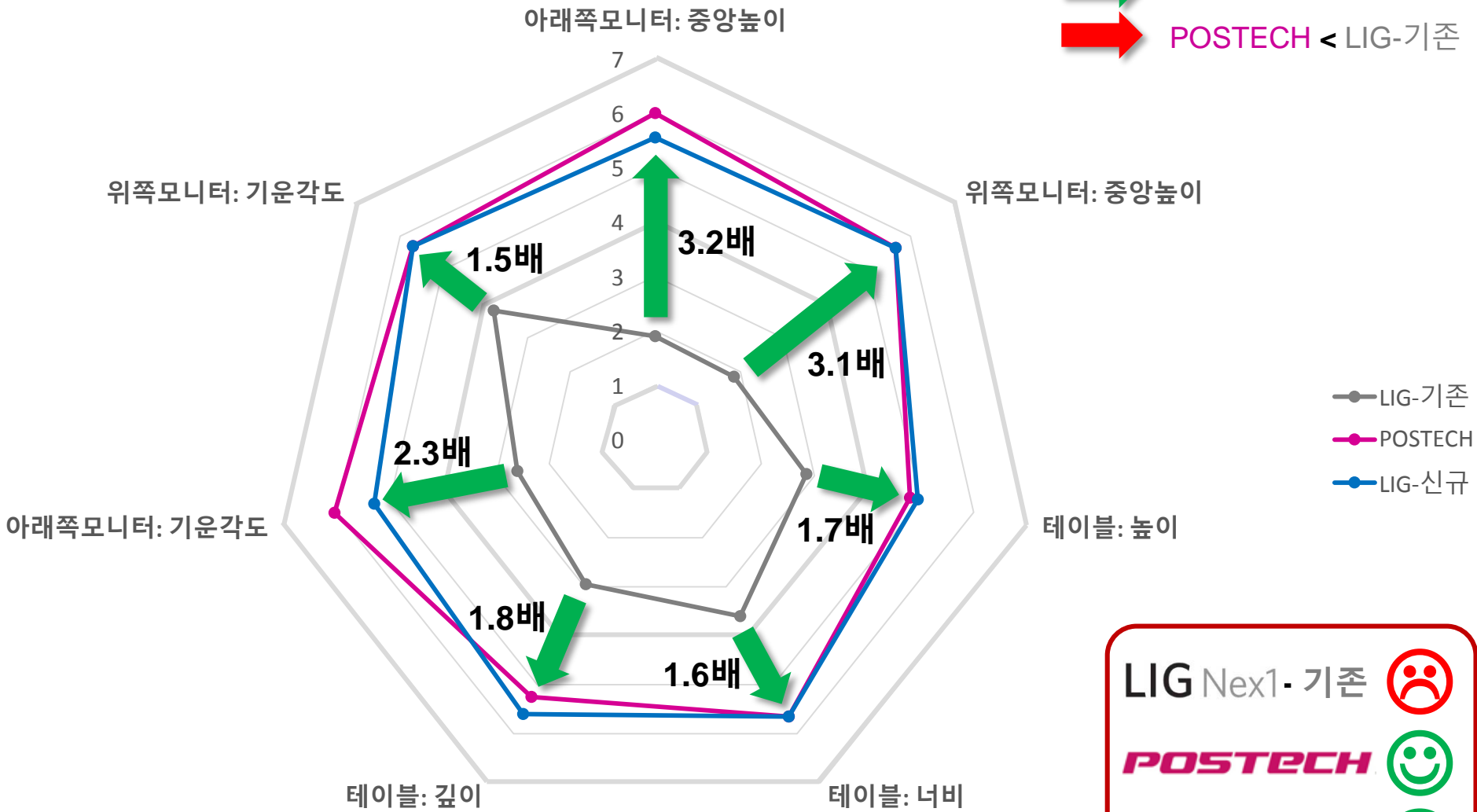
콘솔 B를 대상으로 키보드와 트랙볼을 선호되는 위치로, 2종의 디스플레이를 선호되는 각도로 조정해 주십시오.





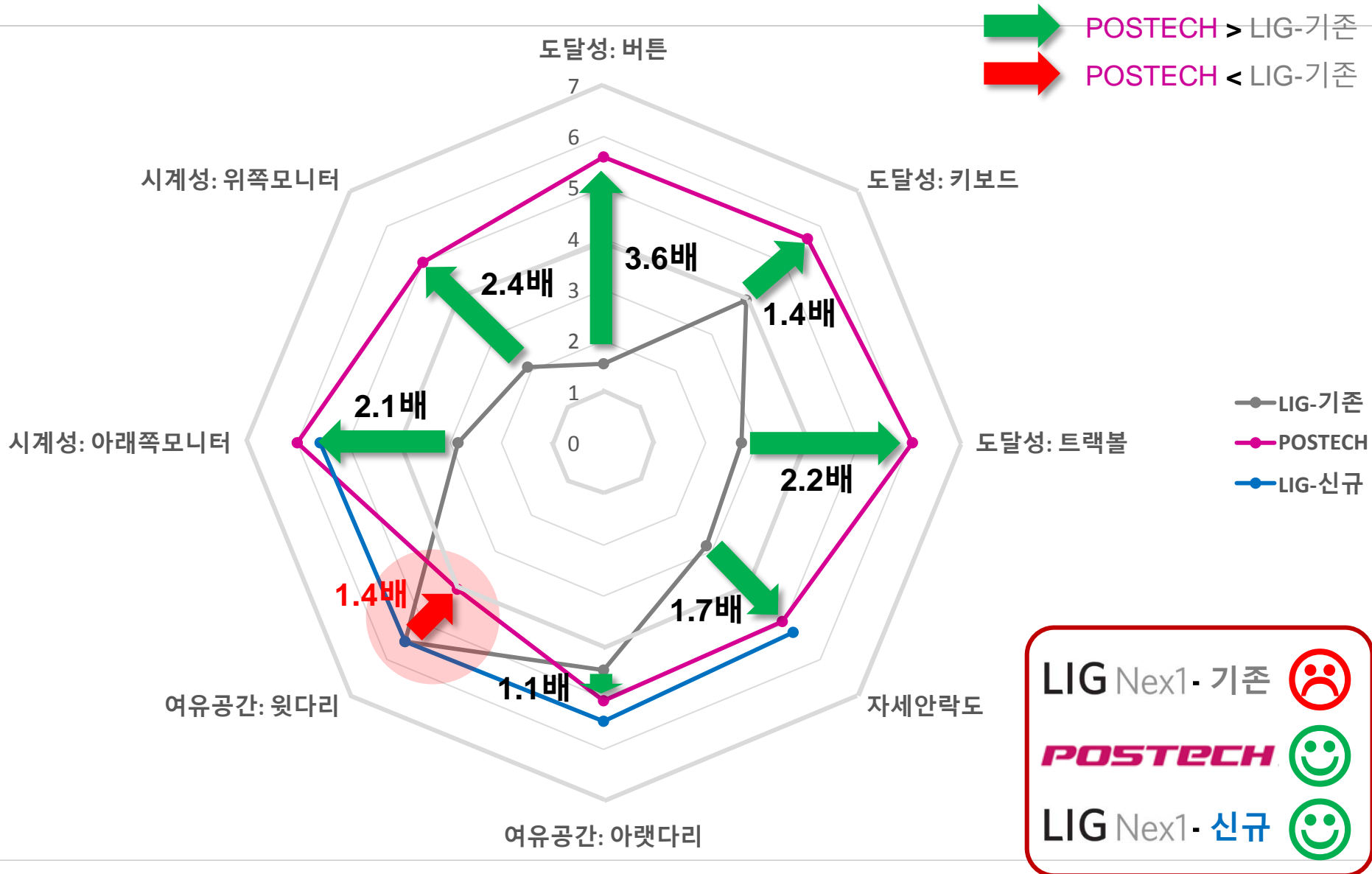
# 2<sup>nd</sup> Usability Test: 결과 - 크기 및 각도 적절성 측면

 POSTECH > LIG-기존  
 POSTECH < LIG-기존



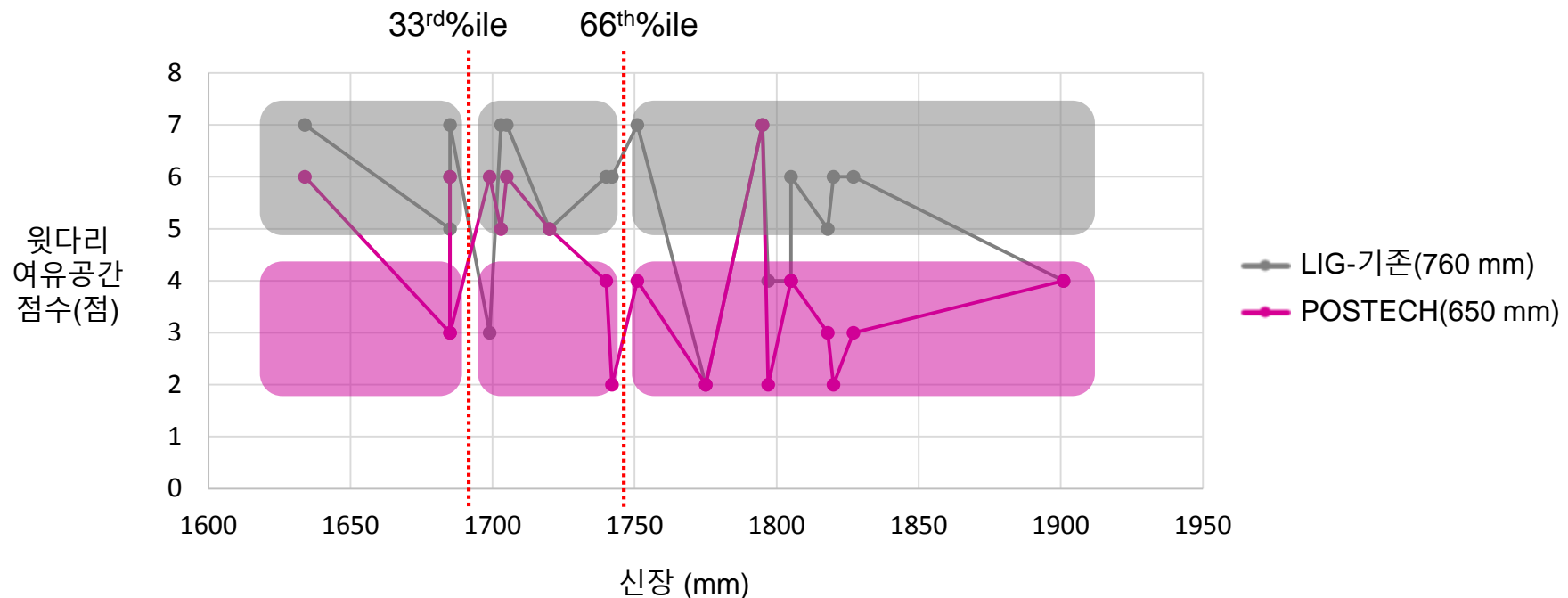
LIG Nex1· 기존   
 POSTECH   
 LIG Nex1· 신규 

# 2<sup>nd</sup> Usability Test: 결과 - 인간공학적 척도 측면



## 2<sup>nd</sup> Usability Test: 결과 - 윗다리 여유공간 세부분석

- 평가자의 65%(13/20명)가 POSTECH console(테이블 하단 높이 = 650 mm)보다 LIG-기준 console (760 mm)에 대하여 윗다리 여유공간을 높게 평가함

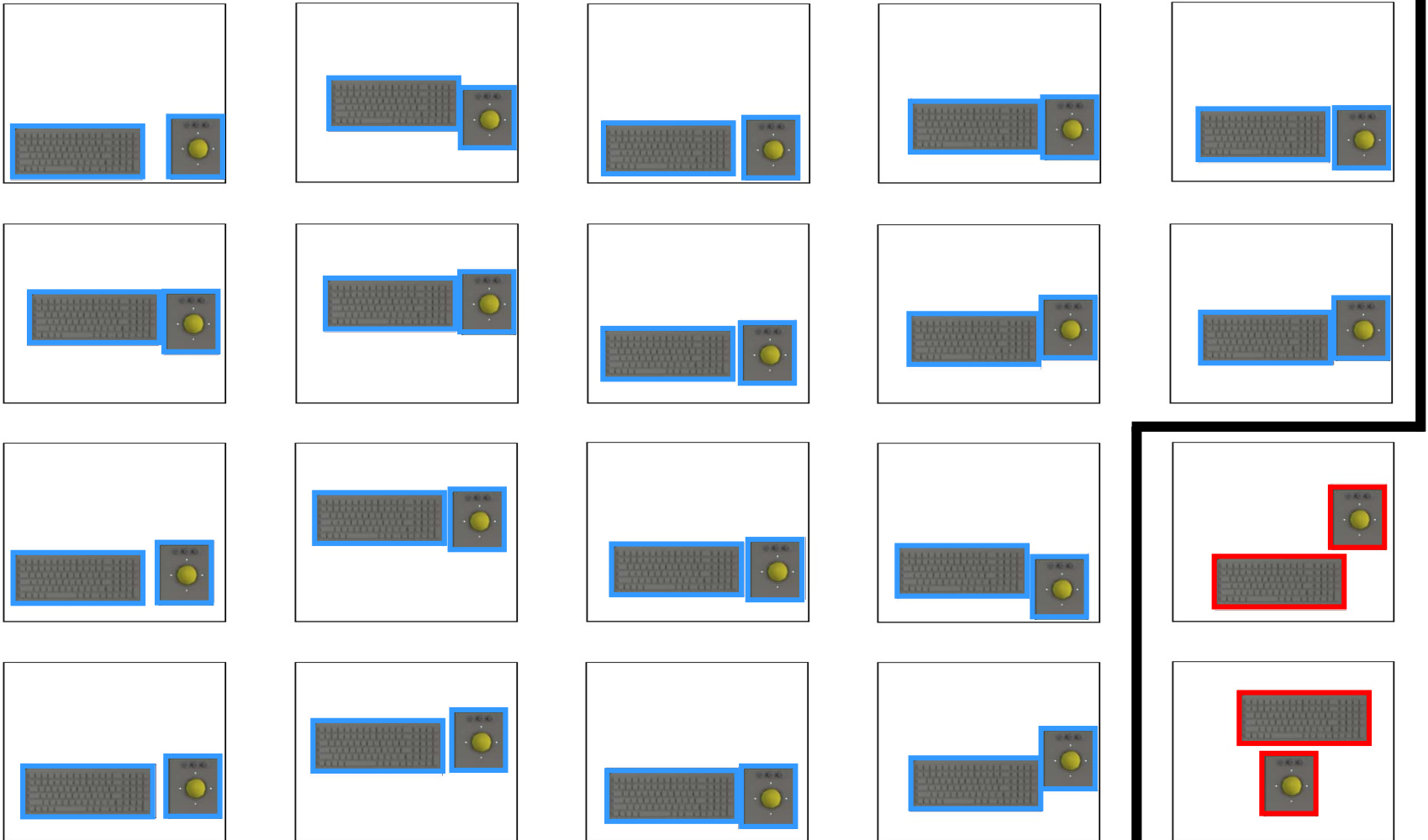


⇒ 인체크기에 상관없이 여유공간이 많을수록 선호되는 경향이 있으므로

**POSTECH console의 테이블 하단 높이를 상향(650 mm → 700 mm) 조정**

# 2<sup>nd</sup> Usability Test: 결과 - 선호 Keyboard & Trackball 위치(1/2)

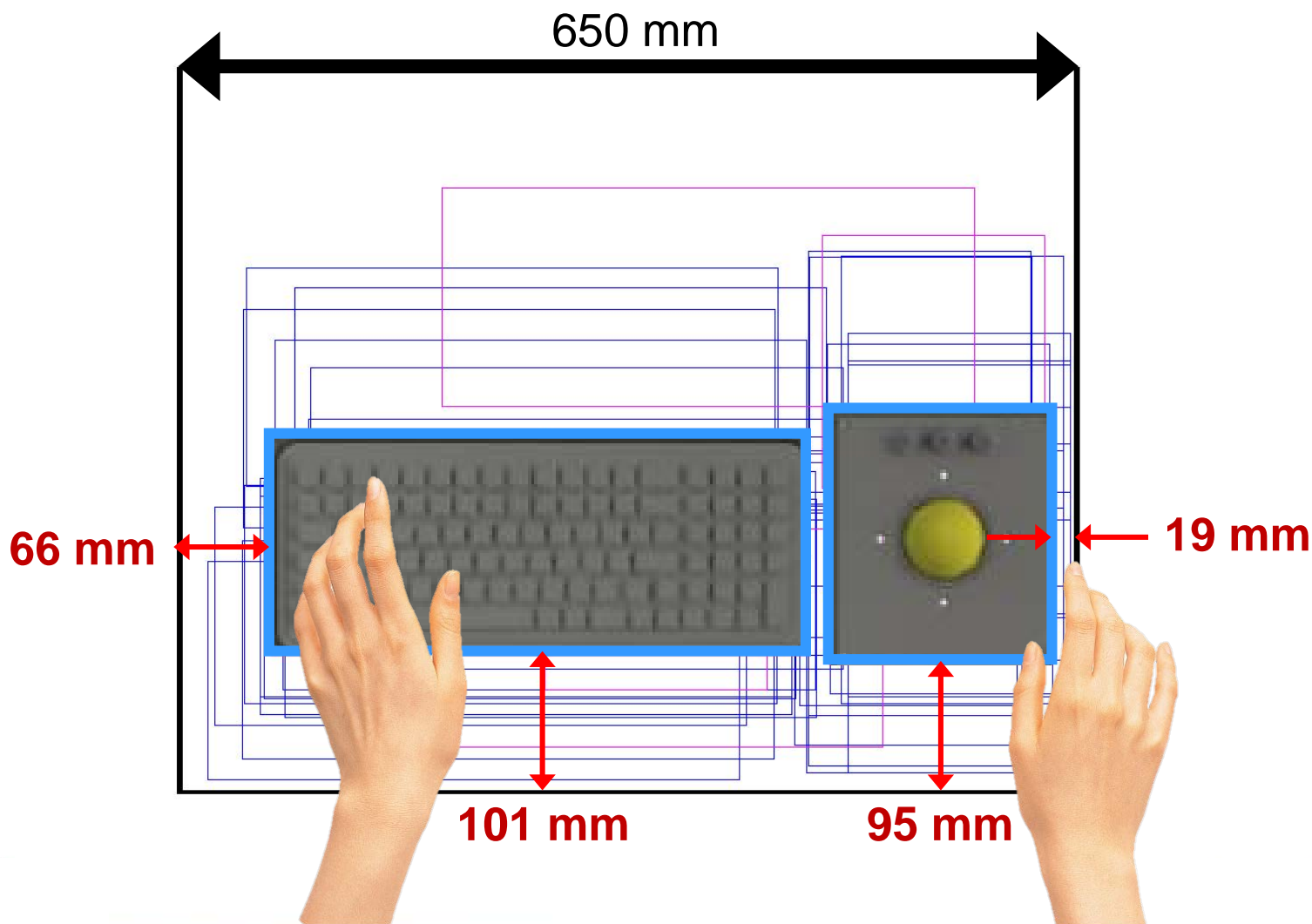
## 유형 1: 좌우 배치(90%)



## 유형 2: 상하 배치(10%)

## 2<sup>nd</sup> Usability Test: **결과** - 선호 Keyboard & Trackball 위치(2/2)

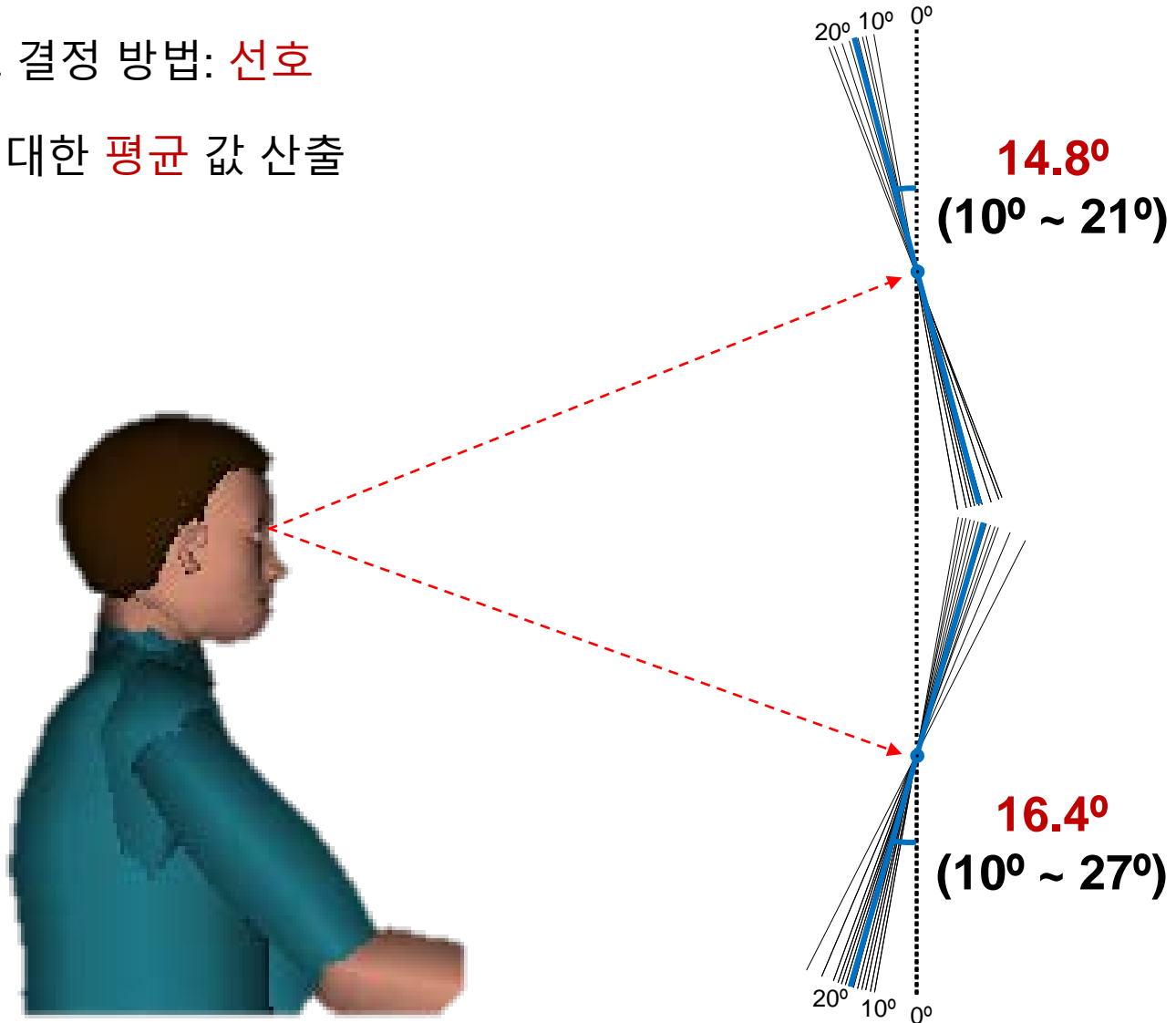
- 선호 위치 결정 방법: 좌우 배치 유형(90%)에 대한 평균 값 산출



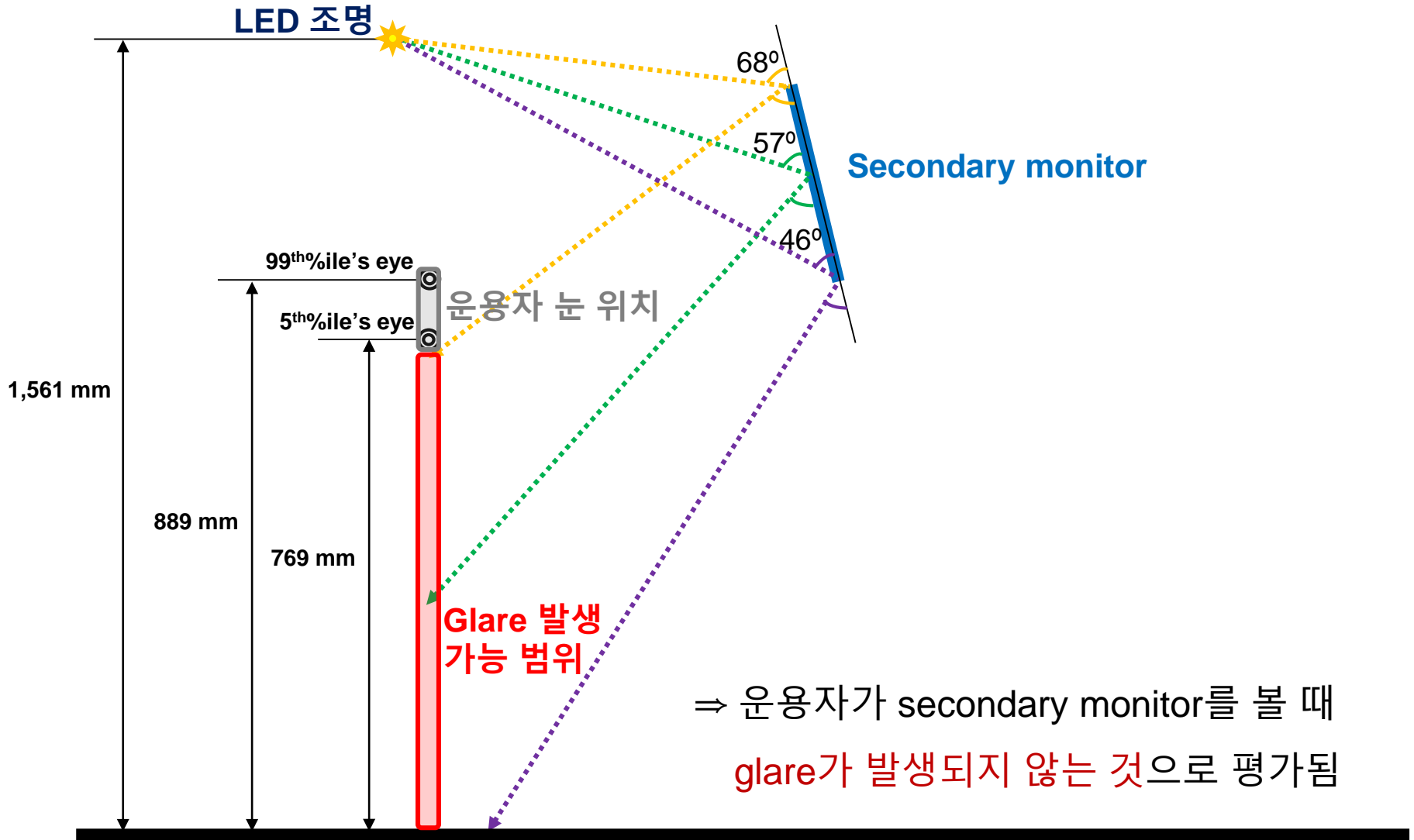
## 2<sup>nd</sup> Usability Test: 결과 - 선호 Display 각도

□ 선호 각도 결정 방법: 선호

각도들에 대한 평균 값 산출

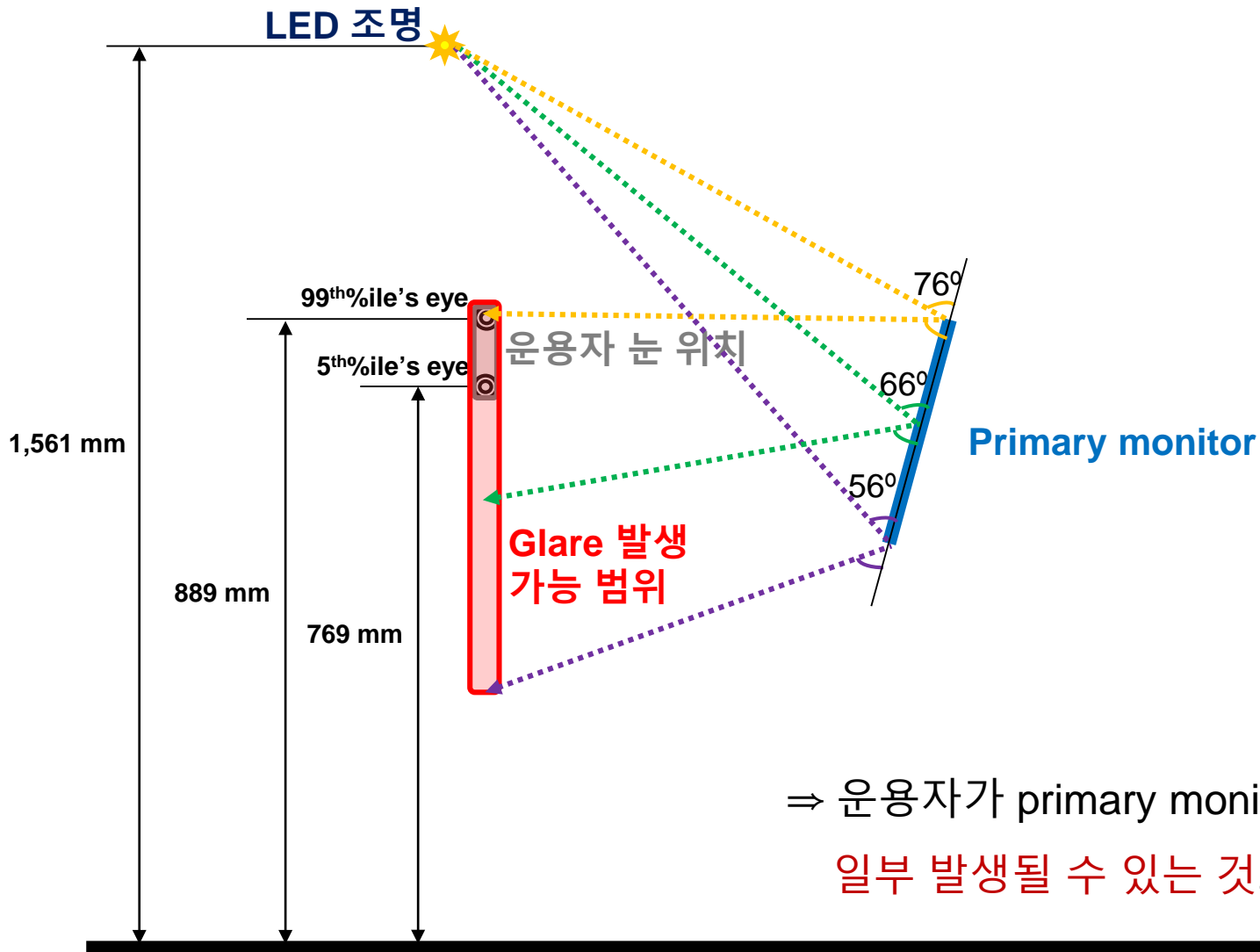


# Glare 평가: 2D Simulation - Secondary Monitor



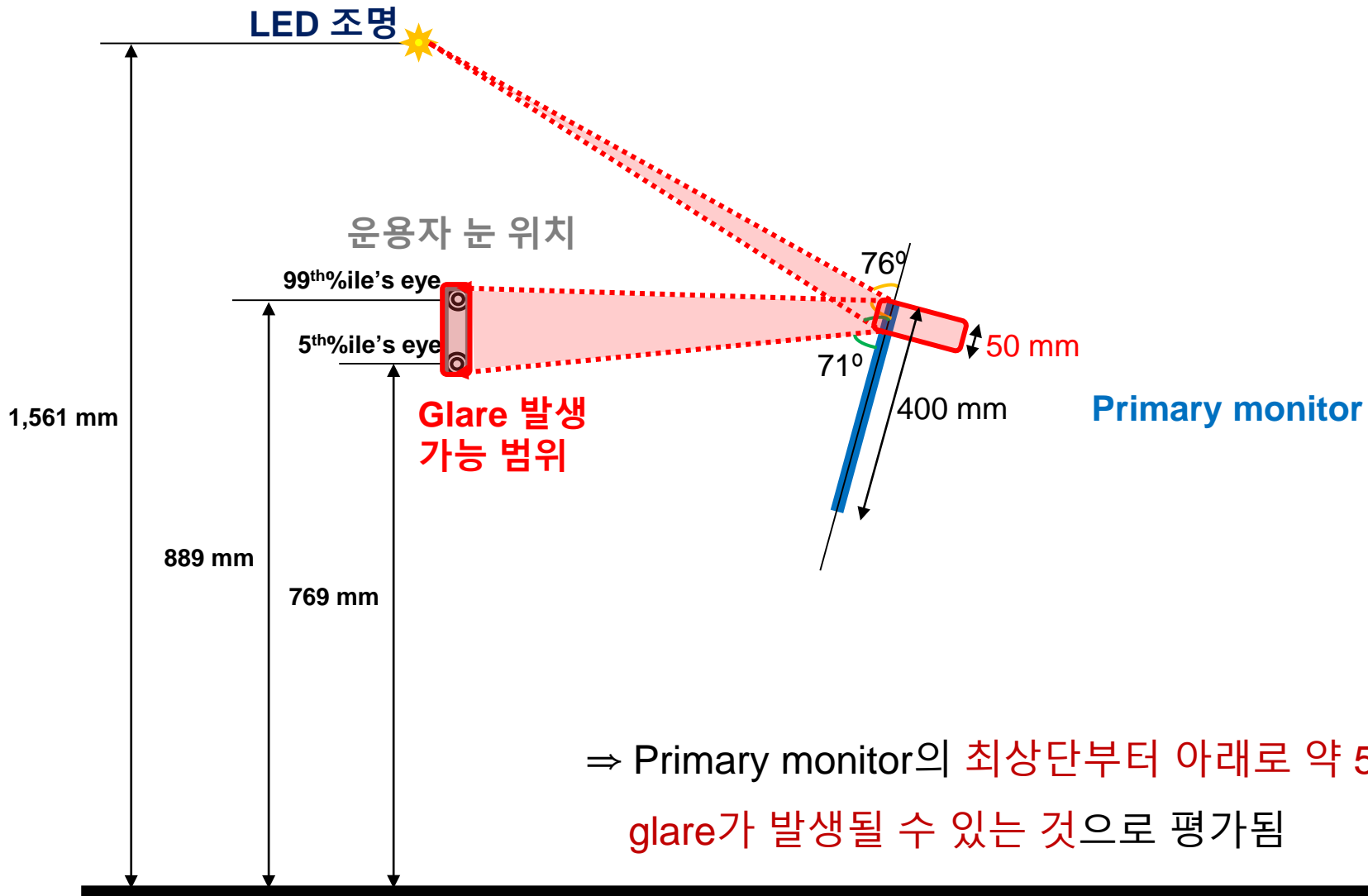


# Glare 평가: 2D Simulation - Primary Monitor



⇒ 운용자가 primary monitor를 볼 때 glare가 일부 발생될 수 있는 것으로 평가됨

# Glare 평가: 2D Simulation - Primary Monitor (cont'd)



# Glare 평가: 실제 평가 - 환경 구축

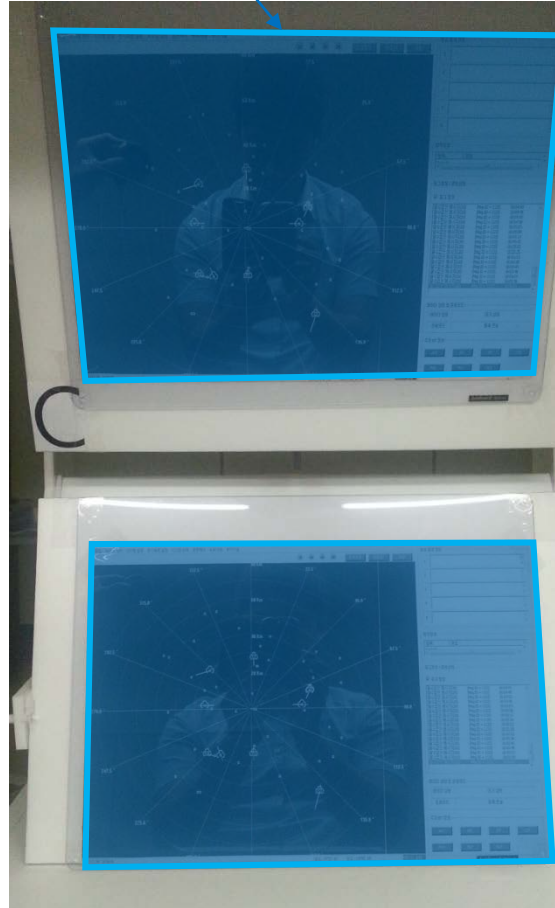


※ LIGNex1의 도면에 명시된 dimension과 동일하게 구축됨

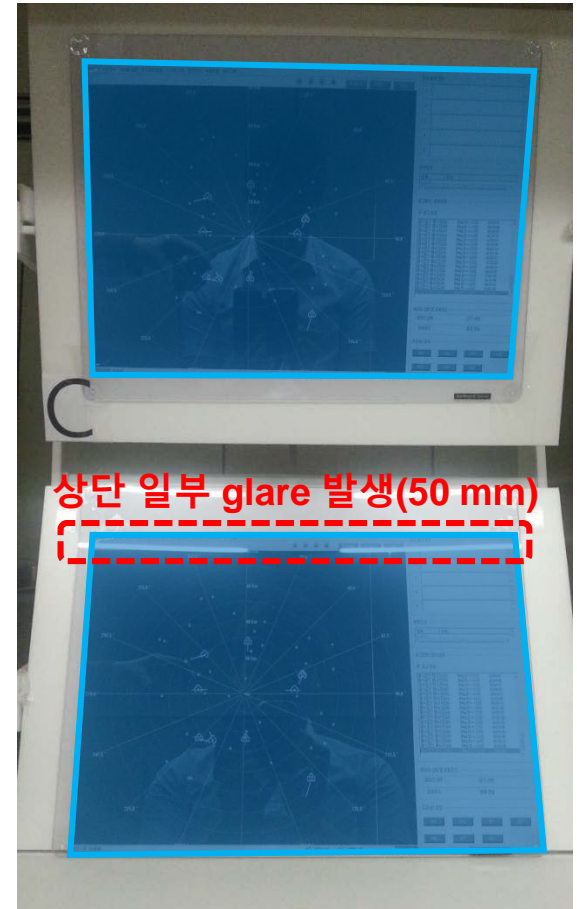
# Glare 평가: 실제 평가 - 결과

Monitor screen boundary

Secondary monitor



Primary monitor



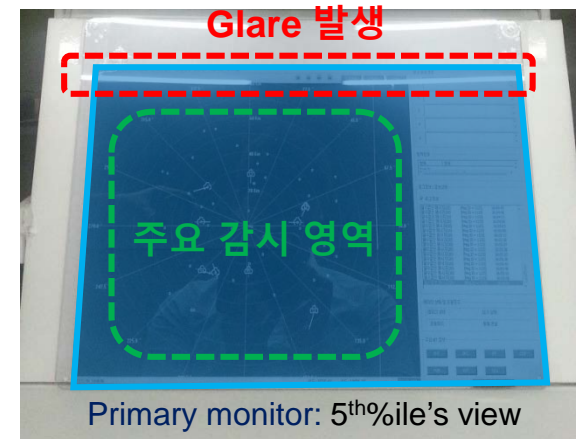
99<sup>th</sup>ile's view (889 mm)

5<sup>th</sup>ile's view (769 mm)

# Glare 평가: Summary

- ❑ **Secondary monitor:** 5<sup>th</sup> ~ 99<sup>th</sup>%ile 운용자 모두에게 glare가 발생하지 않음
- ❑ **Primary monitor:** 5<sup>th</sup>%ile 운용자에게 screen 상단 5 cm 이내에서 glare가 일부 발생하는 것으로 파악됨

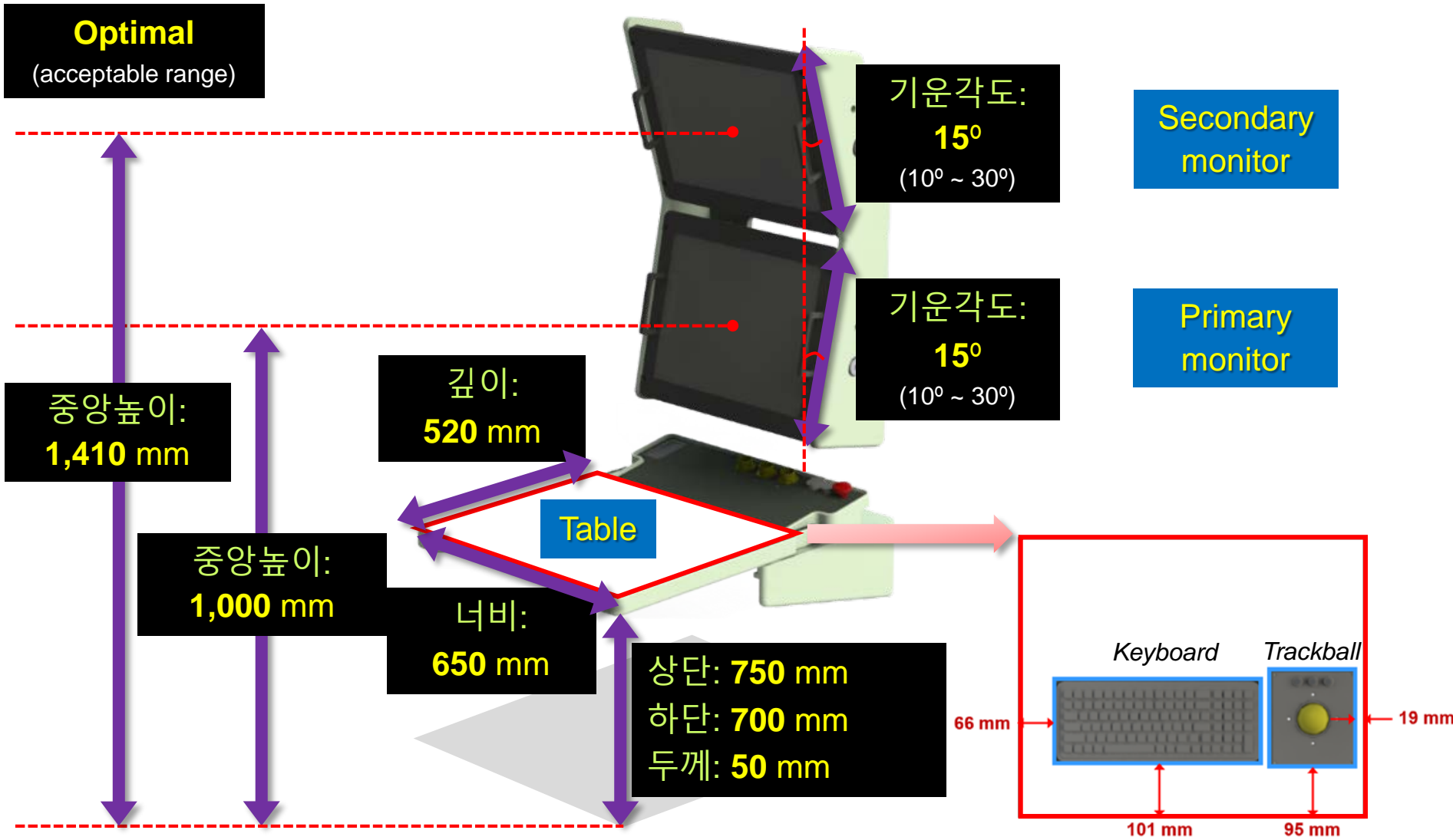
⇒ 그러나, screen 중앙에 위치한 주요 감시 영역에는 크게 glare가 발생되지 않아, 감시 임무에는 큰 지장이 없을 것으로 평가됨



# POSTECH Console: 2<sup>nd</sup> Design Recommendation

**Optimal**

(acceptable range)



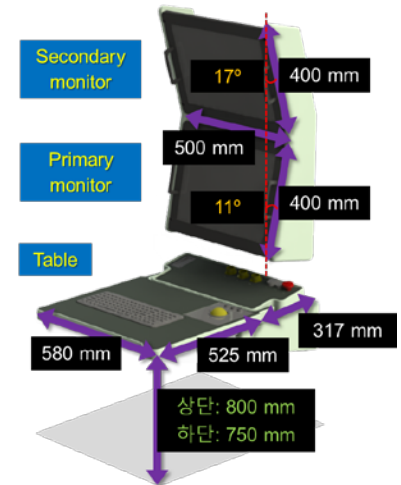
# Discussion (1/3)

## □ 종합적 인간공학적 설계 protocol 적용

- (1) 설계 공식(design equation) 개발
- (2) 기존 문헌 분석
- (3) 가상환경상 평가
- (4) 사용성 평가

⇒ **인간공학적인 제품 설계 시 유용하게 적용**될 수 있을 것으로 기대됨

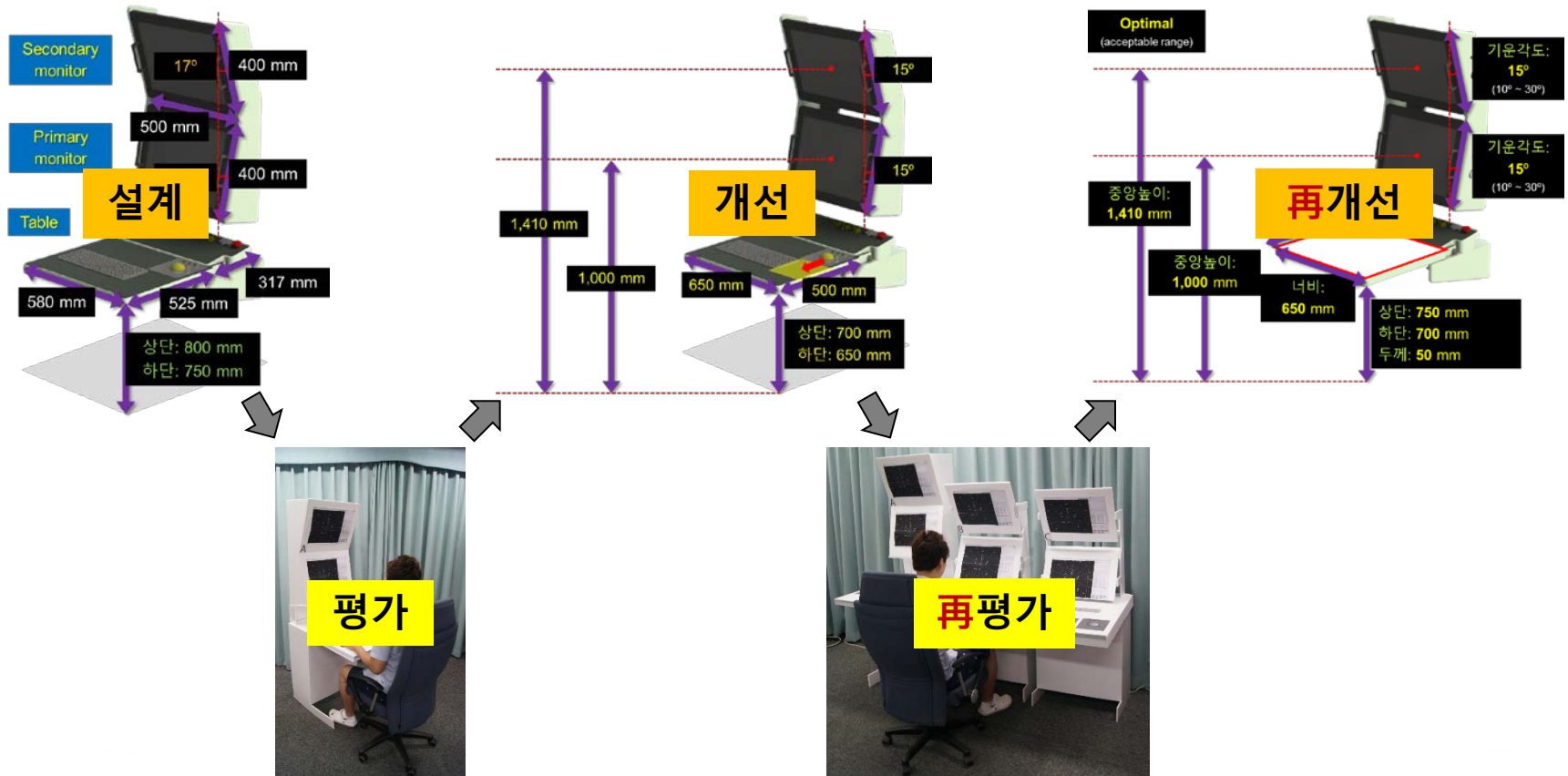
Classification	Design dimension	Current dimension	Evaluation & Analysis					Recommendation	
			Design equation	Usability test	Virtual evaluation	ANSI/HFES 100(2007)	Humanscale4/5/6(1981)	Ideal	Acceptable/Adjustable range
Table	Width (mm)	580	650	680	640	> 520	-	650	640 ~ 680
	Front-depth (mm)	515	525	475	515	> 440	-	500	475 ~ 525
	Height: 상단 (mm)	800	700	750	800	-	-	750	700 ~ 800
	Height: 하단 (mm)	760	700	700	760	500 ~ 690	-	700	650 ~ 760
Primary monitor	Central height (mm)	1,160	-	950	1,090	-	-	1,000	950 ~ 1,090
	Tilt angle (°)	11	-	-	1 ~ 16	15 ~ 20	< 30	15	0 ~ 20 (adjustable)
Secondary monitor	Central height (mm)	1,570	-	1,350	1,500	-	-	1,410	1,350 ~ 1,500
	Tilt angle (°)	-17	-	-	33 ~ 16	-	< 60	-15	15 ~ 35 (adjustable)





# Discussion (2/3)

- **Prototype 기반의 iterative 사용성 평가**(설계 → 평가 → 개선 → 再평가 → 再개선)  
기반의 인간공학적 console 평가 및 설계  
⇒ 설계 초기 단계에서 **설계 개선 사항들을 효과적으로 파악**할 수 있음

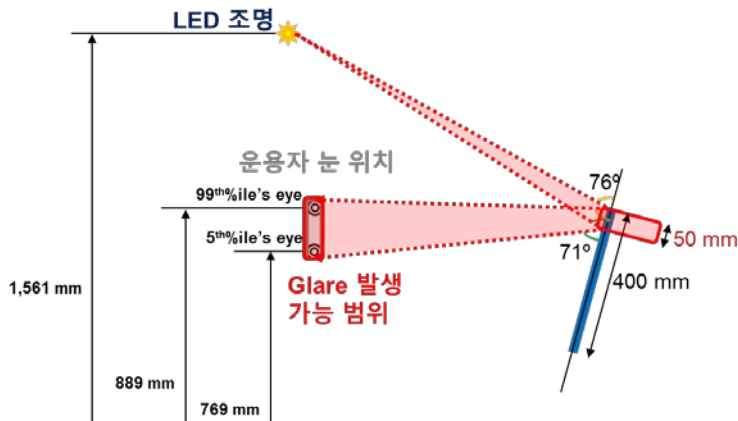


# Discussion (3/3)

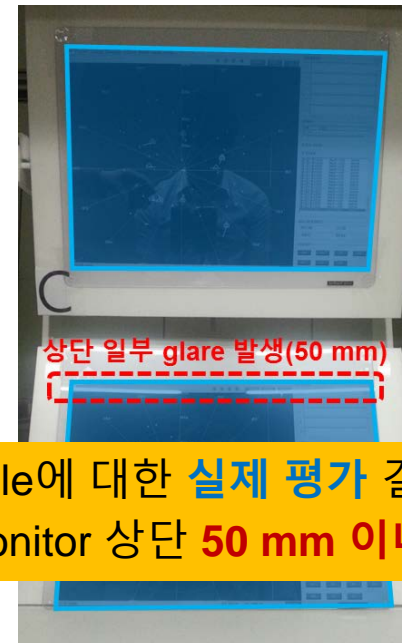
## □ 종합적 glare 평가 방법론 적용

- (1) 이론적 방법: 2D simulation 평가
- (2) 실제적 방법: 환경 구축 기반 평가

⇒ 2D simulation 평가 결과가 실제 평가 결과와 동일한 것으로 나타나,  
**glare 평가 시 2D simulation이 유용**하게 활용될 수 있음



5th%ile에 대한 2D simulation 결과  
⇒ 주 monitor 상단 50 mm 이내 발생



5th%ile에 대한 실제 평가 결과  
⇒ 주 monitor 상단 50 mm 이내 발생

**경청해 주셔서 감사합니다!**

